

PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA)

CATEGORÍA II

INFORME DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE EFECTO BORDE SOBRE LA BIODIVERSIDAD

Compromisos de EsIA Aplicables	Periodo reportado	Elaborado por	Fecha de Emisión del Reporte
13216	N/A	BIODIVERSITY CONSULTANT GROUP	30 de octubre de 2022

Preparado por:



INFORME DE MONITOREO DE EFECTO BORDE SOBRE LA BIODIVERSIDAD

Mina de Cobre Panamá

Biodiversity Consultant Group (BCG)

Hato Pintado, Calle Sauce, Casa L13

Teléfono: 203-6384

Equipo Administrativo:

Msc, MBA. Samuel Valdés **Director -Ictiología y entomología**

Msc. César Jaramillo **-Gerente**

Msc. Marelys Torres **-Gerente de Proyectos**

Lic. Juan Pablo Ríos **-Logística**

Téc. Juan Hernández **-Logística y Seguridad**

Equipo de Especialistas:

MSc. César Jaramillo **-Herpetología**

MSc. Marelys Torres **-Gestión Ambiental**

Téc. Laurencio Martínez **-Botánica**

Téc. Kathania Flores **-Botánica**

Téc. Benjamín Walker **-Vida Silvestre y Mastozoología**

Téc. Yaritza González **-Peces e Insectos Acuáticos**

Lic. Juan Pablo Ríos **-Ornitología**

Colaborador Externo:

MSc. Orlando O. Ortiz **-Botánico.**

Equipo Asesor de BCG:

Lic. Samuel Valdés **-Peces de agua dulce y Entomología**

Lic. Alvin Zapata **-Botánica**

2022 BCG Panamá

Contenido

Introducción.....	5
Metodología.....	6
Área de Estudio y sitios de muestreo.....	6
Habilitación de los gradientes	7
Protocolos de muestreo en campo por grupo taxonómico	8
Análisis de los datos	12
Resultados y Discusión	13
Gradiente T2	14
Estado del gradiente	14
Anfibios	15
Reptiles.....	18
Aves.....	21
Mamíferos terrestres.....	25
Murciélagos	27
Gradiente T3	30
Estado del gradiente	30
Anfibios	31
Reptiles.....	33
Aves.....	36
Mamíferos terrestres.....	42
Murciélagos	44
Gradiente T4	46
Estado del gradiente.....	46
Anfibios	47
Reptiles.....	49
Aves.....	52
Mamíferos terrestres.....	57
Murciélagos	59
Gradiente T6	61
Gradiente T10	76
Conclusiones.....	88

Introducción

Para el desarrollo del Proyecto Cobre Panamá de Minera Panamá S. A. (MPSA), se proyecta la intervención de aproximadamente 5,900 hectáreas de bosques en las tierras bajas de la vertiente Caribe, en el Distrito de Donoso, Provincia de Colón.

El impacto más obvio, producto de la construcción y operación de las instalaciones de la mina, es la pérdida de hábitat por el desbroce de vegetación; sin embargo, otro impacto conocido como “efecto de borde” se genera al crear zonas de discontinuidad de la cobertura boscosa existente y es causado por el cambio en la iluminación, en las corrientes de aire, en la exposición a la lluvia y en la composición de las especies a lo largo del lindero del bosque intervenido (Lovejoy et al., 1986; Kapos et al., 1997); los efectos de borde pueden propagarse varios cientos de metros hacia el interior del bosque remanente (Laurance, 2000).

El Estudio de Impacto Ambiental (EslA) de Categoría III del Proyecto Cobre Panamá, elaborado por Golder Associates identifica el impacto de “efecto de borde”, y lo describe como: “Impacto ecológico asociado a los bordes de las comunidades de plantas. Una franja exterior de una comunidad de plantas que normalmente tiene un ambiente distinto del interior de la comunidad de plantas”. Este mismo estudio prevé que la cantidad total de borde resultante del desarrollo del proyecto aumentará ligeramente de aproximadamente 90 km lineales durante la construcción a aproximadamente 100 km lineales en las operaciones del Proyecto Cobre Panamá. Además, se estima que los impactos de borde ocurrirán dentro de los 500 m alrededor de la huella del proyecto, afectando aproximadamente 4,400 Ha, aunque prevé que el impacto más significativo ocurrirá dentro de los primeros 100 metros, afectando menos de 1,000 Ha.

El EslA describe una serie de actividades para la mitigación de este impacto, entre las que se menciona la disminución del borde creado por el proyecto y monitorear la flora para determinar los efectos de borde, aire y agua, y si fuera necesario, tomar las acciones correctivas correspondientes (EslA, Biodiversidad- Sección 9.1.16).

Producto de este compromiso y a fin de definir con mayor precisión la magnitud y alcance de los impactos previstos asociados al efecto de borde, se plantea la necesidad de implementar un programa de seguimiento a los indicadores ecológicos claves para las comunidades biológicas presentes en el área de proyecto y bajo la influencia del efecto de borde generado por él. Los resultados obtenidos servirán para la implementación de medidas de mitigación adecuadas y establecerán los controles que permitan al proyecto cumplir con sus políticas ambientales y compromisos existentes relacionados a la biodiversidad.

Metodología

En términos generales la metodología utilizada es la contenida en el documento “A monitoring design for edge effects at Cobre Panamá”, versión de septiembre 2013, elaborado por Brad Boyle PhD y Hardner & Gullison Associates, LLC, con algunas modificaciones realizadas en base a la experiencia del equipo de trabajo de BCG.

Área de Estudio y sitios de muestreo

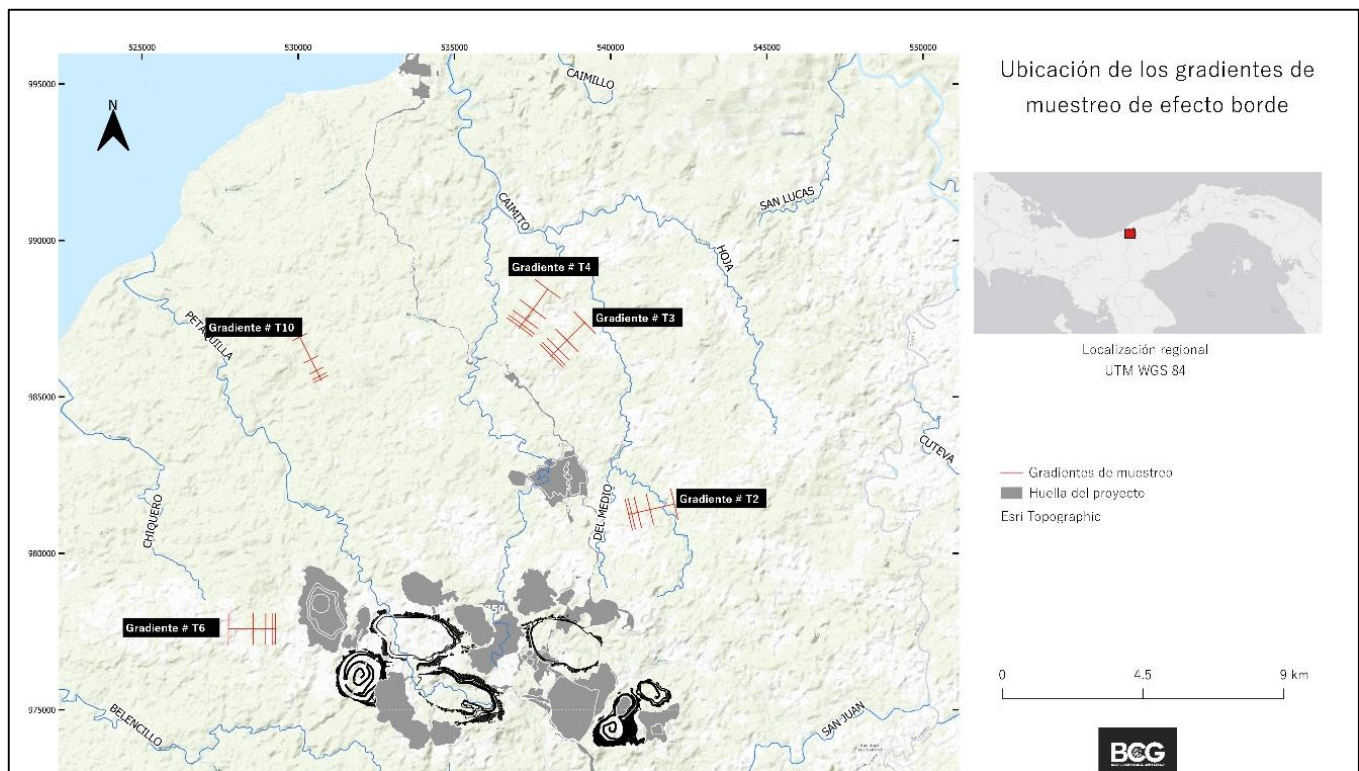
El programa de Monitoreo de Efecto Borde fue diseñado para monitorear los efectos de la operación minera sobre la diversidad biológica de varios grupos taxonómicos. En principio se estableció que el límite cercano del gradiente debía estar ubicado a 50 metros del límite de la huella del proyecto, sin embargo, para la fecha del establecimiento de los gradientes la operación minera aún no había definido el contorno final del proyecto, de allí que los gradientes no se encuentren en el borde del proyecto, si no más alejado de la huella.

Para la definición de la ubicación de los gradientes, en el año 2013 se trazaron en un mapa, secciones de 1.2 km de longitud a lo largo del perímetro de la huella del proyecto, estimado entre 90 a 100 km lineales, lo que dio espacio para ubicar entre 75 a 83 posibles gradientes de impacto, de 1.5 km de longitud por 1.2 km de ancho. Luego se descartaron aquellos que estaban anexos a zonas que en ese momento están perturbadas y entre los restantes se seleccionaron 15 gradientes de manera aleatoria.

De estos 15, se seleccionaron cinco (ver Tabla N°1), también de manera aleatoria, para iniciar en el 2014 el estudio base de este proyecto a largo plazo. Para el 2015 se espera agregar 5 sitios más y para el 2016, los 5 restantes. Este reporte da cuenta de los resultados de la revisita a los 5 primeros gradientes establecidos en 2014, denominados T2, T3, T4 T6 y T10.

Gradiente	Long. Inicio	Lat. Inicio
T2	540582	981240
T3	538108	986316
T4	537102	987231
T6	530724	985568
T10	529282	977590

Tabla 1. Nombre y coordenadas del punto de inicio de cada gradiente de muestreo de efecto



Mapa 1. Ubicación de los sitios de muestreo

Habilitación de los gradientes

Entre el 21 de octubre y al 4 de noviembre 2021, un equipo de nueve personas de BCG ubicaron en campo los cinco gradientes de efecto borde T2, T3, T4, T6 y T10 que fueron establecidos en 2014, haciendo uso de GPS y de las etiquetas metálicas asignadas a las parcelas de monitoreo de flora.

Identificado cada gradiente se delimitaron y marcaron las cinco parcelas para plantas y cinco transectos para vertebrados (a los 50m, 150m, 350m, 750m y 1,500m del borde). Se trazaron además las secciones o transectos perpendiculares al eje del gradiente.

Protocolos de muestreo en campo por grupo taxonómico

Anfibios y reptiles

Los anfibios y reptiles fueron censados por dos observadores que recorrieron de forma simultánea cada transecto de 400 m de largo perpendicular al gradiente. Cada transecto fue cubierto a un ritmo de 100 m por 30 minutos, de modo que todo el transecto se recorre de extremo a extremo en 2 horas.

Cada transecto fue muestreado durante la mañana y tarde en cada estación de muestreo. Durante el recorrido, el observador principal, contabilizó todos los individuos (anfibios y reptiles) que fueron observados en un rango de un metro a cada lado del transecto (para un ancho total de 2 m) y hasta una altura de 2 metros desde el nivel del suelo.

El observador secundario fue responsable de la captura y la toma de medidas de los individuos contados por el observador principal. El observador secundario podía ayudar con la identificación de los individuos, pero no podía añadir a las observaciones ni al conteo, individuos que no fueron observados a su paso por el transecto por el observador principal. Otras especies (o individuos) adicionales observadas por el observador secundario (pero que no fueron observadas por el observador principal), se registraron como notas adicionales y no fueron utilizados para los análisis.

Aves

Las aves fueron censadas por un observador que recorrió transectos de 500 m de largo, perpendiculares a cada gradiente. El observador caminó de extremo a extremo, a lo largo del transecto, desde las 06:00 hasta 09:30 horas y de las 16:00 hasta las 18:30 horas, registrando las especies y la distancia dentro del transecto de todos los individuos vistos o escuchados. El observador transitó a una velocidad tal, que la totalidad de 500 m del transecto fueron recorridos en 3.5 horas en la mañana y en 2.5 horas en la tarde, para hacer un total de 6 horas de observación diaria.

Murciélagos

Los murciélagos fueron capturados con 6 pares de redes de niebla de 12 m de longitud. De cada par, una red se colocó en el sotobosque y la otra en el estrato medio. Se instalaron seis estaciones de muestreo espaciadas uniformemente a lo largo de cada uno de transectos de 250 m de largo perpendiculares a cada gradiente. las redes de niebla se abrieron a partir de 18:00 hasta las 22:00 horas. Cada red de niebla debe fue revisada al menos cada media hora. Se identificaron, midieron y al finalizar las observaciones se liberaron todos los individuos capturados.

Mamíferos pequeños

Los mamíferos pequeños fueron censados a través de los animales capturados con trampas colocadas durante cuatro días consecutivos, en 20 estaciones de trampeo situadas a 20 m de distancia entre ellas y distribuidas a lo largo cada uno de los 5 transectos de 500 m que forman parte de cada gradiente. Cada estación de muestreo consistía de 4 trampas Sherman y 4 trampas Tomahawk, con un par de cada una de estas trampas situadas directamente sobre el suelo y el otro par situado en la vegetación, entre 1 y 2 m por encima del suelo. Las trampas fueron inspeccionadas en las mañanas entre las 07:00 a 11:00 horas. Todos los individuos capturados en las trampas fueron identificados a nivel de especie y antes de su liberación se registraron las medidas recomendadas en los protocolos de ERM (2013).

Mamíferos grandes

Los mamíferos medianos y grandes fueron muestreados por 2 observadores (un observador principal y un acompañante u observador secundario) que recorrieron cada uno de los cinco transectos de 1000 m de largo, perpendiculares a cada gradiente. El recorrido se hizo en un tiempo de 4 horas. Cada transecto se fue muestreado dos veces durante cada evento de censo, una vez en la mañana (06:00 a 10:00 horas) y otra por la noche (18:00 a 22:00 horas).

Para recoger los datos, se utilizaron observaciones visuales y de audio, como también excrementos, huellas y restos de los animales. Debido a las bajas tasas de detección a través de esta metodología para mamíferos grandes y medianos y la variedad de métodos de detección utilizados, este método no proporciona información sobre la abundancia de las especies individuales, sólo de presencia-ausencia, así como la riqueza de especies en la comunidad.

Parcelas de vegetación

La comunidad vegetal, su biomasa, densidad y composición taxonómica fue estudiada en parcelas permanentes de 20 x 50 m (0.1 hectárea o 1000 m²). Cada parcela está alineada sobre la línea media del gradiente. (ver Figura N°1).

Los árboles con tallos > 2.5 cm DAP (diámetro a la altura del pecho) fueron censados en toda la parcela y las plantas con tallos > 1 cm DAP fueron censados en sólo una subparcela (la subparcela central o número 3) de 10 x 10 m (ver Figura).

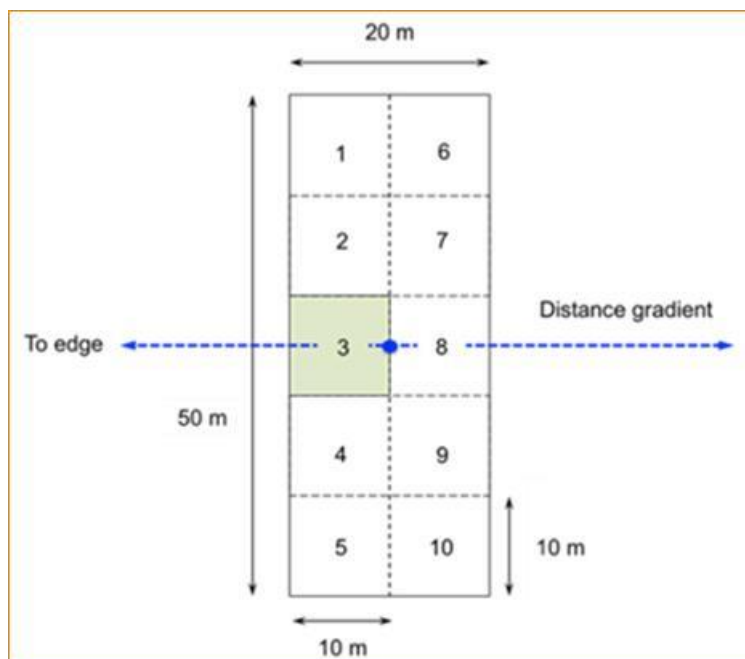


Figura 1. Diagrama que muestra la ubicación y distribución de la parcela de vegetación sobre los gradientes.

Durante el establecimiento inicial de las parcelas, las esquinas de cada subparcela de 10 x 10 m se marcaron permanentemente con un poste de PVC. Las subparcelas están enumeradas como se muestra en la figura anterior.

Se registró para cada especie: DAP (diámetro a la altura del pecho), PDM (punto de medición) y el hábito (árbol, liana, hemiepífita). Para los árboles con tallos múltiples, se midió cada tallo tan grande como el tamaño del tallo mínimo. El vástago más grande de cada árbol fue marcado con una etiqueta permanente con el número de trama secundaria seguido de un guion y un número entero consecutivo para identificar el árbol individual.

Los individuos encontrados dentro de cada parcela fueron identificados, dentro de lo posible, a nivel de especie y en casos que esto no fue posible o los especímenes se encontraron infértiles, se procedió a coleccionar 3 muestras representativas que fueron preservadas para su posterior identificación.

Las muestras de ciertas estructuras delicadas, que se pudieran deteriorar, se colocaron en bolsas plásticas transparentes con cierre hermético. Las características de las plantas recolectadas se anotarán en una libreta de campo. Todos los registros de flora de cada sitio de evaluación serán geo-referenciados.

Al llegar al sitio de campamento se procedió al prensado y secado de las plantas en hojas de papel periódico, asignando el número de colección correspondiente a cada muestra. Aquellas muestras que no se pudieran secar de inmediato se procesaron

con alcohol al 70% para preservarlas e impedir que estas se dañen o sean atacadas por hongos.

Una vez cerrado el paquete se colocará en una bolsa plástica que también se selló con cinta adhesiva. Las muestras de plantas fueron trasladadas al Herbario de la Escuela de Biología de la Universidad de Panamá, en donde se procesaron, identificaron y quedarán depositadas como material de referencia del área de estudio.

Para la identificación taxonómica de las plantas recolectadas se emplearon las obras Flora of Panamá (Woodson & Schery, 1943-1981), Flora of Panama Checklist and Index (D'Arcy, 1987 a y b). La confirmación de la distribución y nomenclatura de algunas especies dudosas se sustentó con la Base de Datos TROPICOS, disponible vía Internet en los archivos electrónicos del Missouri Botanical Garden.

La clasificación taxonómica se realizará siguiendo a Lellinger (1989), Mabberley (1987) y Cronquist (1981). Adicionalmente, se consultaron diferentes volúmenes del Annals of the Missouri Botanical Garden, Flora Mesoamericana y Flora Neotrópica que contienen información pertinente a la flora de Panamá.

Análisis de los datos

Los datos de diversidad y abundancia por sitio fueron procesados con el software PAST versión 3.26 para la estimación de los índices de diversidad alfa y beta. Mediante análisis multivariado de agrupación se elaboró un árbol de agrupamiento por similitud para las comunidades de peces y macroinvertebrados con el índice Bray Curtis aplicando el método de agrupación jerárquica UPGMA.

Categoría	Nombre del Indicador	Descripción
Riqueza Específica	Taxa_S	Cantidad de especies distintas por grupo taxonómico.
Abundancia	Individuals	Cantidad de individuos registrados para cada grupo taxonómico.
Dominancia	Dominance_D	Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad.
Índice de Dominancia	Simpson_1-D	Usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa.
Índice de Equidad	Shannon (H'')	Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a cuál especie pertenecerá un individuo escogido al azar.
Índice de Diversidad	Evenness	(E)expresa equitatividad en el reparto de los recursos, es decir la uniformidad en la importancia relativa de las distintas especies que habitan un sitio.
Índice de Equidad	Brillouin	Índice utilizado cuando la aleatoriedad de la muestra no puede garantizarse.
Riqueza Específica	Margalef	Transforma el número de especie por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra.
Riqueza Específica	Menhinick	Relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, que aumenta al aumentar el tamaño de la muestra.
Índice de Equitabilidad	Equitability_J	El índice J de equitabilidad comprara el índice de Shannon H contra la distribución de individuos entre de las especies observadas.
Índice de Diversidad	Fisher_alpha	Este índice valúa eficazmente la diversidad en función del número de individuos y del número de especies.
Índice de Dominancia	Berger-Parker	Este índice intrínseco simple expresa la importancia proporcional de la mayoría de las especies abundantes
Estimador de Diversidad	Chao-1	Es un estimador no paramétrico del número de especies en una comunidad basado en el el número de especies raras en la muestra

Tabla 2. Índices de Diversidad calculados e interpretación

Haciendo uso del Software R se generaron gráficas de abundancia relativa por grupo taxonómico y gradiente, curvas rarefacción, estimación de la secuencia de números de Hill y comparación estadística mediante ANOVA del índice de diversidad de Shannon entre transectos para cada gradiente.

Finalmente, toda la información de los diferentes grupos taxonómicos fue analizada mediante el método de Escalamiento No Metrico Multidimensional NMDS para identificar diferencias entre las comunidades bióticas en cada sitio.

Resultados y Discusión

Durante el muestreo de efecto borde en los transectos T2, T3 y T4 se registró un total de 610 anfibios, correspondientes a 39 especies. La mayor diversidad de anfibios se registró en el transecto ubicado a 750 metros del T3, en donde se documentó la presencia de 21 especies en 43 individuos. El transecto con menor riqueza de anfibios fue ubicado a los 1500 metros en el T4 con solo nueve especies distribuidas en 58 individuos. Las especies más abundantes fueron *Diasporus cf. vocator* (n=82) y *Diasporus quidditus* (n=67) juntas representan el 24.4% de los registros de anfibios.

Algunos sitios presentan baja riqueza y abundancia de anfibios debido a que las fechas de muestreo coincidieron con episodios de lluvia intensa, condición que dificulta la ejecución del muestro e inhibe la actividad de alimentación, desplazamiento y búsqueda de pareja de varios grupos taxonómicos, incluidos los anfibios.

Los reptiles estuvieron representados por 30 especies distribuidas en 102 individuos, siendo la especie más abundante *Anolis humilis* (n= 29) de la familia Dactyloidae que además fue la familia mejor representada con 9 especies y 56 individuos representando el 55% de las observaciones de reptiles. El transecto con mayor diversidad biológica de reptiles fue el ubicado a los 350 metros en el T2, con 11 especies en 12 individuos para un índice de Shannon $H' = 2.39$ bits; el de menor diversidad fue el ubicado a los 1500 metros del T2 con solo dos registros de especies distintas ($H' = 0.69$ bits).

El grupo aves fue el taxa más diverso con 2,207 individuos distribuidos entre 172 especies, de las cuales las más abundantes fueron la tangara crestidorada (*Tachyphonus delatrii*) con 183 observaciones, seguida del loro verde (*Amazona farinosa*) con 119 registros, la tercera especie más abundante, con 111 individuos registrados fue el lorito emcapuchado (*Pyrilla haematotis*), las observaciones de estas tres especies corresponden al 19% de los registros de aves en los tres gradientes.

Los transectos con mayor abundancia de aves fueron los ubicados a los 50 metros en los gradientes T2 y T4 con 63 y 62 especies, respectivamente, seguidos de los transectos ubicados a 750 metros en el gradiente T4 y el de 150 metros del T3 con 61 especies cada uno.

El grupo de mamíferos voladores del orden Chiroptera estuvo representado por 13 especies de murciélagos en 110 individuos colectados con redes de niebla, todos de la familia Phyllostomidae. La especie más común fue *Artibeus watsoni* (n=28), seguida de *Carollia castanea* (n=23), ambas representan el 46% de todas las

capturas. Según la literatura, para el distrito de Donoso se han reportado 29 especies de murciélagos pertenecientes a cuatro familias¹.

Varios factores influyen en la actividad nocturna de los murciélagos, que impactan sobre los muestreos de este grupo taxonómico, entre ellos están las lluvias, temperatura y el ciclo lunar, que determina en muchos animales nocturnos los ciclos reproductivos entre otras actividades como el forrajeo y reproducción². Es probable que las fuertes lluvias registradas durante el periodo de muestreo hayan incidido en las bajas capturas de murciélagos.

Finalmente, el grupo de mamíferos terrestres estuvo representado por 18 especies en 68 observaciones, capturas o rastros que indicaron su presencia. Entre estas 18 especies se contabiliza el registro de huellas de un felino grande no identificado, posiblemente *Puma concolor* o *Panthera onca*. La especie con mayor número de observaciones fue el mono cariblanco (*Cebus capuchinus*) con 11 registros, seguido de 8 capturas de la rata acorazada (*Hopломys gymnurus*)

Datos previos levantados por BCG para Minera Panamá, en el marco de proyectos de monitoreo de diversidad biológica de mamíferos, indica que la riqueza de mamíferos terrestres presentes en la zona es de aproximadamente 30 especies, los datos de esta estimación provienen de nuestros de mamíferos con cámaras trampa, metodología que permite un muestreo extendido y representativo de la comunidad de animales terrestres presentes en el lugar. Es probable que el corto tiempo de muestreo y las técnicas aplicadas para el registro de mamíferos del proyecto de monitoreo de efecto borde generen un sesgo de las observaciones.

A la fecha de elaboración de este informe se cuenta con información completa de aves, anfibios, reptiles y mamíferos registrados en los gradientes T2, T3 y T4.

Gradiente T2

Estado del gradiente

Respecto al estado de la cobertura vegetal y evidencia de intervención humana, el gradiente T2 se encuentra fuertemente impactado (Figura. 1). La presión del avance de la frontera agrícola y ganadera de las comunidades adyacentes al proyecto ha llegado hasta el gradiente, eliminando la cobertura vegetal correspondiente a los

¹ Araúz G., J. (2017). Riqueza y abundancia de las especies de murciélagos de Donoso, provincia de Colón, Panamá. *Tecnociencia*, 19(2), 47-65. Recuperado a partir de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/120>

² Giulliana Appel, Adrià López-Baucells, William Ernest Magnusson, Paulo Estefano D Bobrowiec, Temperature, rainfall, and moonlight intensity effects on activity of tropical insectivorous bats, *Journal of Mammalogy*, Volume 100, Issue 6, 19 December 2019, Pages 1889–1900, <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz140>

transectos ubicados a los 750 y 1500 metros, con evidencia de impactos en los transectos 50, 150 y 350 metros.

A pesar de la degradación del estado de conservación del gradiente, fue posible ejecutar el muestreo en los gradientes ubicados a los 50, 150 y 350 metros. No obstante, es posible que los resultados de diversidad biológica de algunos grupos se hayan visto afectados por la fragmentación del bosque y creación de zonas de borde. Precisamente el efecto de borde, pero con respecto a la mina, es lo que se pretende medir con este monitoreo, sin embargo, los transectos presentan bordes irregulares generados por otras actividades, lo que sin duda tiene incidencia en el ensamble de comunidades de organismos sensibles a alteración de la cobertura boscosa.

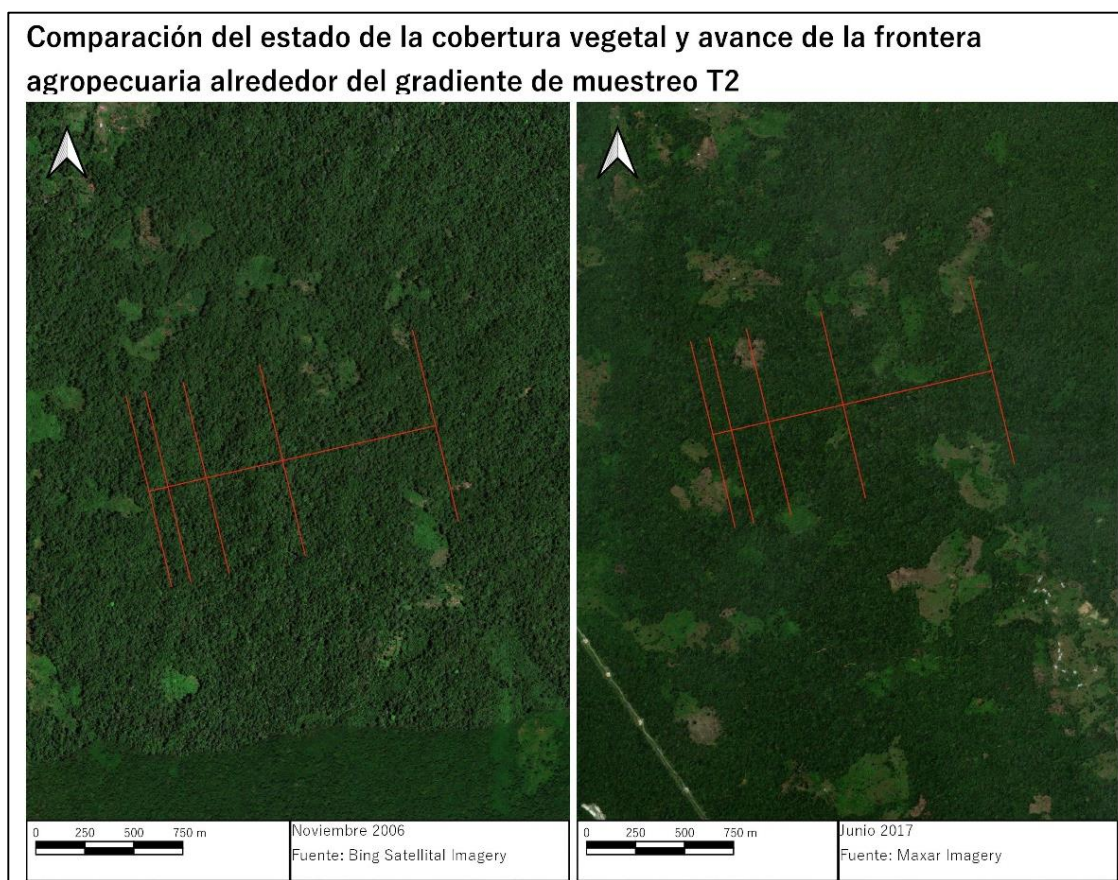


Figura 2. Comparación de imágenes satelitales en el sector del T2. La imagen de la derecha tomada en 2017 presenta evidencia de actividad de tala, roza y quema de los bosques que forman parte de la parcela de estudio.

Anfibios

La mayor diversidad de anfibios dentro del gradiente T2 se registró en los transectos ubicados a los 50 (T2_50) y 350 (T2_350) metros con 18 especies y 51 y 78 individuos respectivamente. Aún así el índice de Shannon se mantuvo dentro del rango de diversidad media alcanzando valores entre 2.14 y 2.70 bits

Indices	T2_50	T2_150	T2_350
---------	-------	--------	--------

<i>Taxa_S</i>	18	10	18
<i>Individuals</i>	51	18	76
<i>Dominance_D</i>	0.08	0.14	0.09
<i>Simpson_1-D</i>	0.92	0.86	0.91
<i>Shannon_H</i>	2.71	2.14	2.58
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.83	0.85	0.73
<i>Brillouin</i>	2.28	1.61	2.27
<i>Menhinick</i>	2.52	2.36	2.07
<i>Margalef</i>	4.32	3.11	3.93
<i>Equitability_J</i>	0.94	0.93	0.89
<i>Fisher_alpha</i>	9.92	9.26	7.45
<i>Berger-Parker</i>	0.14	0.22	0.13
<i>Chao-1</i>	19.67	17.50	28.50

Tabla 3. Principales índices de diversidad alfa para los transectos del gradiente T2.

La rarefacción de los datos (Figura 2) indica que los transectos T2_50 y T2_350 alcanzaron una cobertura de muestra de 0.90, mientras que los datos también indican que el transecto T2_50, con una cobertura de la muestra de 0.67 no alcanzó la asíntota, por consiguiente, la diversidad real puede ser superior a la documentada.

La coincidencia del muestreo del transecto T2_150 con eventos de lluvia constante pudieron haber afectado la cantidad de registros de especies de anfibios, y de allí la baja diversidad reportada. Sin embargo, por su cercanía con el T2_50 y ante la inexistencia de obstáculos para la dispersión de los individuos, es muy probable que las diversidades de T2_50 y T2_150 sean similares.

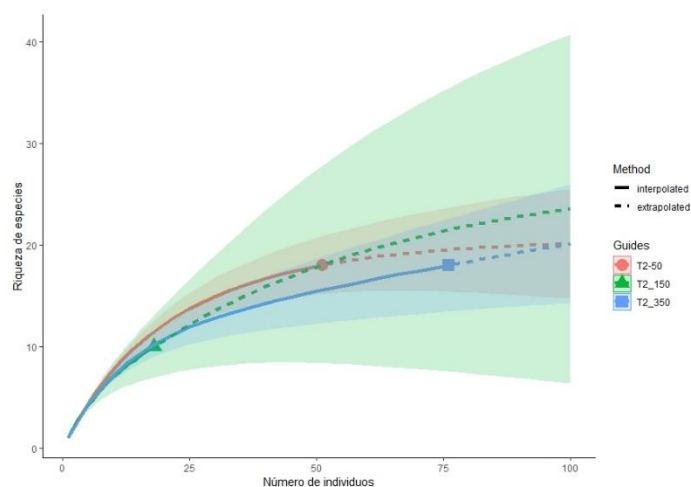


Figura 3. Curva de rarefacción de la riqueza de anfibios para los transectos del T2.

El gráfico de frecuencias relativas de anfibios del gradiente T2 indica que en el transecto de 50 metros, la especie observada con mayor frecuencia fue la rana túngara (*Engystomops pustulosus*) de la familia Leuperidae, seguida por *Smilisca phaeota* de la familia Hylidae y *Diasporus* cf. *vocator* de la familia Eleuterodactylidae.

Tanto *Engystomops pustulatus* como *Smilisca phaeota* son especies comunes en áreas intervenidas e incluso cerca de lugares habitados por el hombre. En el transecto T_150 *Craugastor crassidigitus* resulto ser la especie más frecuente seguida de *Pristimantis ridens* y *Oophaga vicentei*.

El transecto T3_350, tres especies del género *Diasporus* (Eleutherodactylidae) fueron las más frecuentes, seguidas de *Andinobates minutus* y *Craugastor crassidigitus*. La familia con menor representación fue Plethodontidae correspondiente al grupo de las salamandras, cuyo único registro ocurrió en el T3_350 correspondiente a la especie *Ooedipina parvipes*.

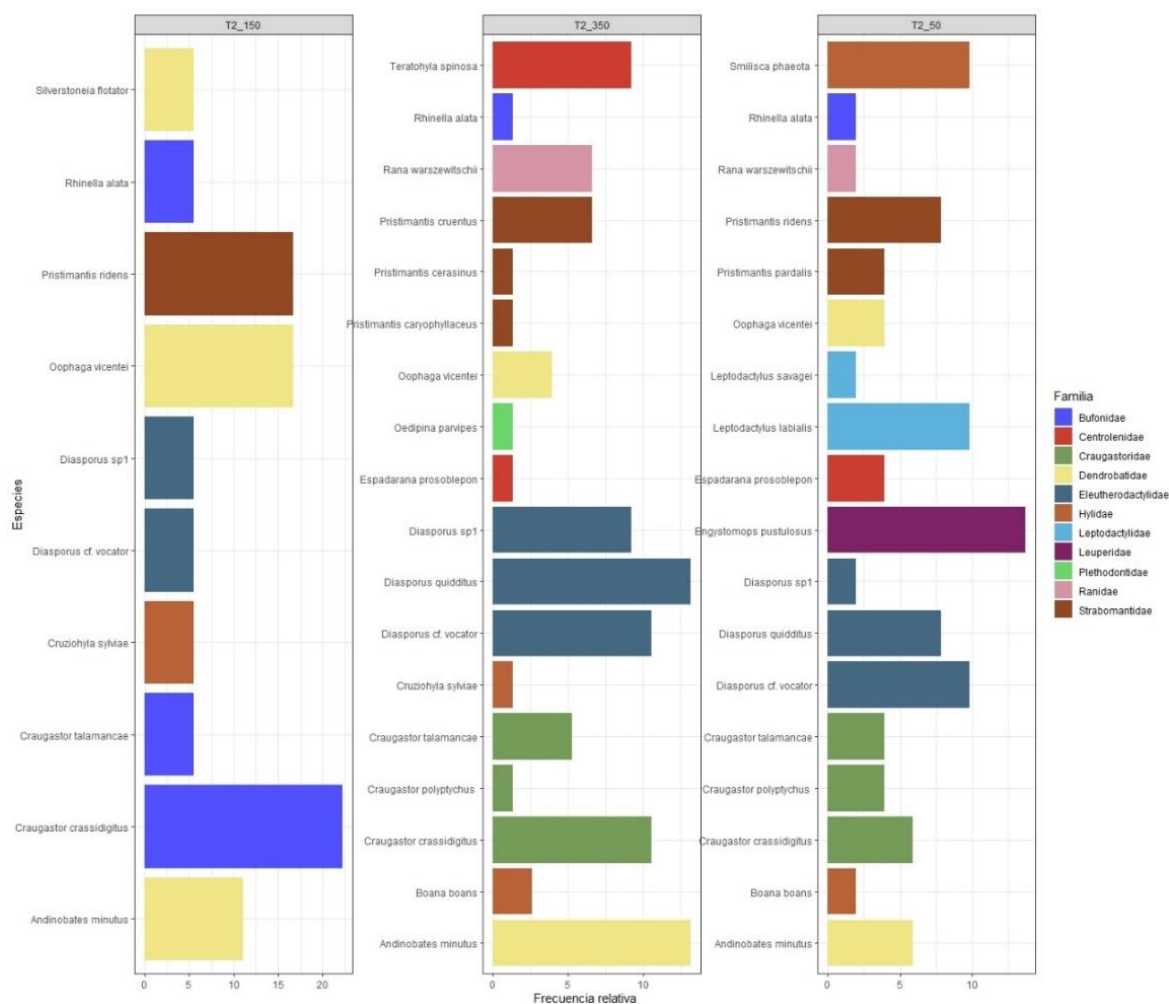


Figura 4. Gráfica de frecuencias relativas de especies de anfibios presentes en el gradiente T2 desagregadas por familia

Un análisis incorporando el criterio del índice de vulnerabilidad ambiental (EVS)³, que otorga un índice de vulnerabilidad a las especies de anfibios en un rango de 3

³ Jaramillo, Cesar A., Wilson, Larry David, Ibáñez, Roberto and Jaramillo, Fidel E. 2010. The herpetofauna of Panama: Distribution and conservation status. In: Wilson, Larry D., Townsend,

a 17, en la siguiente escala de valoración: Vulnerabilidad baja (3 a 8); vulnerabilidad media (9 a 11) y vulnerabilidad alta (12 a 17), indica que las dos especies dominantes en T2_50 tiene un EVS bajo, esto es, que son poco vulnerables a la degradación ambiental y las especies dominantes, presentes en T2_150 y T2_350 tienen un EVS de vulnerabilidad media.

Por otra parte, las especies con EVS alto, o muy sensibles a la degradación ambiental presentes en el gradiente T2 fueron *Craugastor polyptychus* (EVS=12), *Oophaga vicentei* (EVS=13), *Pristimantis pardalis* (EVS=12) y *Silverstoneia flotator* (EVS=12) poco frecuentes en casi todos los transectos del gradiente T2.

Reptiles

La baja detectabilidad de reptiles debido a la dificultad intrínseca del grupo para ser detectado, sumado a las condiciones ambientales de lluvias dio como resultado pocos registros de reptiles para este muestreo. Con la notable excepción del T2_350, todos los demás gradientes (incluidos los de T3 y T4) reportaron menos de 10 especies y nunca más de 15 individuos. Así el gradiente T3_350 registro un índice de Shannon de $H' = 2.37$ dentro del rango medio del índice. Los transectos ubicados a los 50 y 150 metros reportaron índices de Shannon de 1.07 y 1.10 bits respectivamente.

Indices	T2_50	T2_150	T2_350
Taxa_S	3	4	11
Individuals	3	8	12
Dominance_D	0.33	0.44	0.10
Simpson_1-D	0.67	0.56	0.90
Shannon_H	1.10	1.07	2.37
Evenness_e^H/S	1.00	0.73	0.97
Brillouin	0.60	0.73	1.61
Menhinick	1.73	1.41	3.18
Margalef	1.82	1.44	4.02
Equitability_J	1.00	0.77	0.99
Fisher_alpha	0.00	3.18	64.11
Berger-Parker	0.33	0.63	0.17
Chao-1	6.00	7.00	33.50

Tabla 4. Principales índices de diversidad alfa para reptiles de los transectos del gradiente T2. La ninguno de los transectos y siendo que el valor de la cobertura de la muestra no alcanzó en 60% en ninguno de los casos, es muy probable que la diversidad de reptiles este subrepresentada en este muestreo.

La familia mejor representada en la muestra fue Dactyloidae que agrupa a las lagartijas del género *Anolis*, de las cuales *Anolis humilis* fue la más frecuente con 8

registros, 5 de los cuales ocurrieron en T3_350. Otras especies del mismo género fueron *Anolis limifrons* y *Anolis elcopeensi*. El índice de vulnerabilidad ambiental de las especies de *Anolis* registradas oscila entre 8 y 11 correspondientes a vulnerabilidad baja y media respectivamente.

En el transecto T2_50 se registró un individuo de cada una de las siguientes especies: *Micrurus clarkii*, *Bothrops asper* y *Anolis humilis*. Para el T2_150 se reportan las lagartijas *Loxopholis southi* de la familia Gymnophthalmidae y *Holcosus festivus* de la familia Teiidae.

En el transecto T3_350 se reportan 11 especies pertenecientes a 7 familias. Cada especie estuvo una representada por un individuo, con la excepción *Anolis humilis* cuya frecuencia absoluta fue de 2. En total se registraron 13 especies y 23 observaciones de reptiles en el gradiente T2.

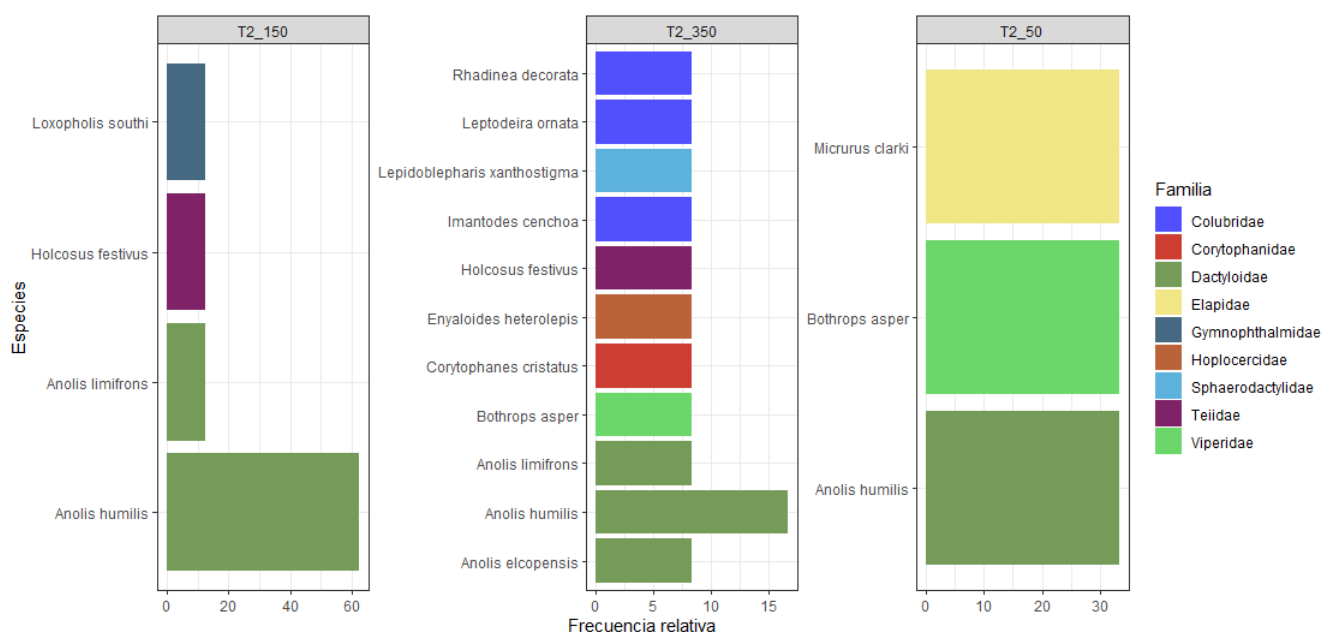


Figura 5. Gráfica de frecuencias relativas de especies de reptiles presentes en el gradiente T2 desagregadas por familia

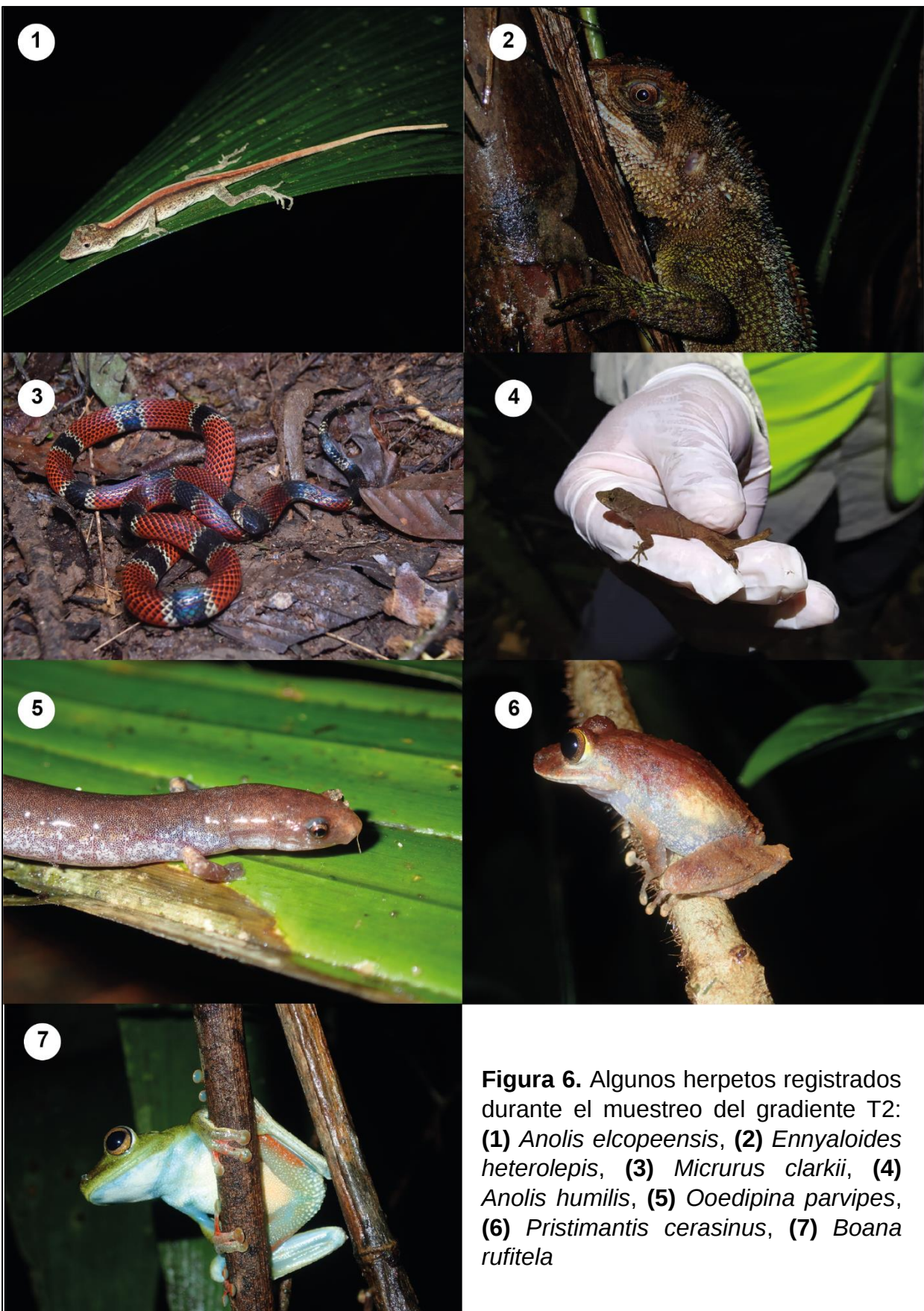


Figura 6. Algunos herpetos registrados durante el muestreo del gradiente T2: **(1)** *Anolis elcopeensis*, **(2)** *Ennyaloides heterolepis*, **(3)** *Micrurus clarkii*, **(4)** *Anolis humilis*, **(5)** *Ooedipina parvipes*, **(6)** *Pristimantis cerasinus*, **(7)** *Boana rufitela*

Aves

El grupo aves fue el más diverso de todo el muestreo, en el gradiente T2 estuvo representado por 514 registros de 96 especies. El transecto T2_50 presentó la mayor riqueza ($S=63$) y también la mayor abundancia de aves ($n=231$), posiblemente debido a la condición de borde creada por la intervención humana cerca del transecto. Varios estudios han documentado que las zonas de bosques intervenidos ofrecen hábitat para aves nectarívoras e insectívoras que prefieren zonas de transición con mayor disponibilidad de recursos ⁴, sin embargo, estas condiciones no favorecen a especies de bosque que requieren de condiciones opuestas ⁵.

El índice de diversidad de Shannon H' del transecto T2_50 fue el más alto de entre los tres gradientes muestreados ($H'=3.56$) presentando además una baja dominancia. Aunque T2_50 presenta la diversidad más alta, el análisis de la curva de rarefacción (Figura 7) muestra que no se alcanzó la asíntota, resultando en una cobertura de la muestra de 0.82

Índices	T2_50	T2_150	T2_350
<i>Taxa_S</i>	63.00	49	30.00
<i>Individuals</i>	231.00	141	142.00
<i>Dominance_D</i>	0.05	0.05	0.11
<i>Simpson_1-D</i>	0.95	0.95	0.89
<i>Shannon_H</i>	3.56	3.47	2.73
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.56	0.65	0.51
<i>Brillouin</i>	3.20	3.03	2.44
<i>Menhinick</i>	4.15	4.13	2.52
<i>Margalef</i>	11.39	9.70	5.85
<i>Equitability_J</i>	0.86	0.89	0.80
<i>Fisher_alpha</i>	28.54	26.64	11.62
<i>Berger-Parker</i>	0.15	0.16	0.23
<i>Chao-1</i>	73.04	64.83	41.00

Tabla 5. Principales índices de diversidad alfa para aves de los transectos del gradiente T2.

El transecto T2_150 presenta una cobertura de la muestra de 0.72, con un registro de 49 especies, distribuidas en 141 individuos, el estimador de riqueza Chao 1 sugiere que la riqueza esperada para T2_150 es de 65 especies. Sin embargo, el

⁴ Lasky, J., & Keitt, T. (2010). Abundance of Panamanian dry-forest birds along gradients of forest cover at multiple scales. *Journal of Tropical Ecology*, 26(1), 67-78.
doi:10.1017/S0266467409990368

⁵ Nogueira, O.M.A., Palmeirim, A.F., Peres, C.A. et al. Synergistic effects of habitat configuration and land-use intensity shape the structure of bird assemblages in human-modified landscapes across three major neotropical biomes. *Biodivers Conserv* 30, 3793–3811 (2021).
<https://doi.org/10.1007/s10531-021-02275-8>

índice de diversidad de Shannon para el sitio T2_150 fue de $H' = 3.47$ bits, en el rango medio alto del índice.

La mejor cobertura de la muestra se logró en el transecto T3_350 con un valor de cobertura estimada de 0.89, para un registro de 30 especies en 126 individuos, índice de Shannon $H' = 2.73$ bits, el más bajo del gradiente T2 y una riqueza esperada de 41 especies según el estimador Chao 1.

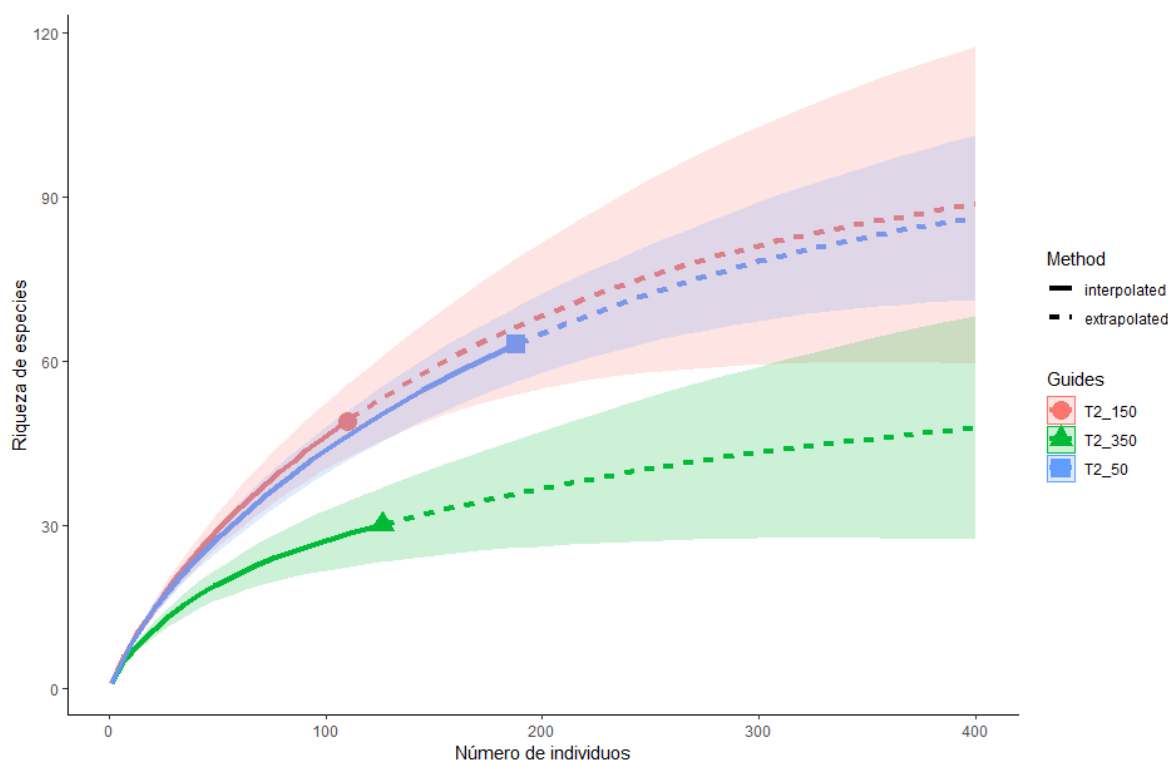


Figura 7. Curva de rarefacción de la riqueza de aves para los transectos del T2

La especie con mayor frecuencia de observaciones en T2_50 fue la garza bueyera (*Bubulcus ibis*), una especie propia de los humedales y áreas intervenidas destinadas a la cría de ganado. La segunda especie con mayor frecuencia de observaciones fue el loro frentirrojo (*Amazona autumnalis*), que al igual que la garza bueyera tiene una amplia distribución. A nivel de familia, la mejor representada en términos de frecuencia relativa en el T2_50, fue la familia Thraupidae (tangaras), representada por 93 individuos en 8 especies, la mayoría asociadas a áreas abiertas y comunes en zonas intervenidas. La familia Tyrannidae que agrupa a especies insectívoras fue la mejor representada en términos de diversidad de especies con 11 especies distintas en T2_50.

En el transecto T2_150 la especie con mayor frecuencia relativa de observaciones fue la tangara crestinaranja (*Tachyphonus delatrii*) con 23 individuos acumulando más del 15% de las observaciones (Figura 8). La segunda especie más frecuente,

con 12 observaciones, fue el loro cazanga (*Pionus menstruus*) de la familia Psittacidae.

El transecto T2_350 estuvo dominado por observaciones de la tangara crestinaranja y del gallinazo cabecirrojo (*Cathartes aura*) reafirmando la condición de sitio intervenido con áreas abiertas y despejadas, posiblemente asociadas a la presencia de ganado. En términos generales, aunque la diversidad y abundancia de especies de aves fue relativamente alta en el gradiente T2, la comunidad estuvo dominada por especies de áreas abiertas e intervenidas, con poca presencia de especies de bosque.

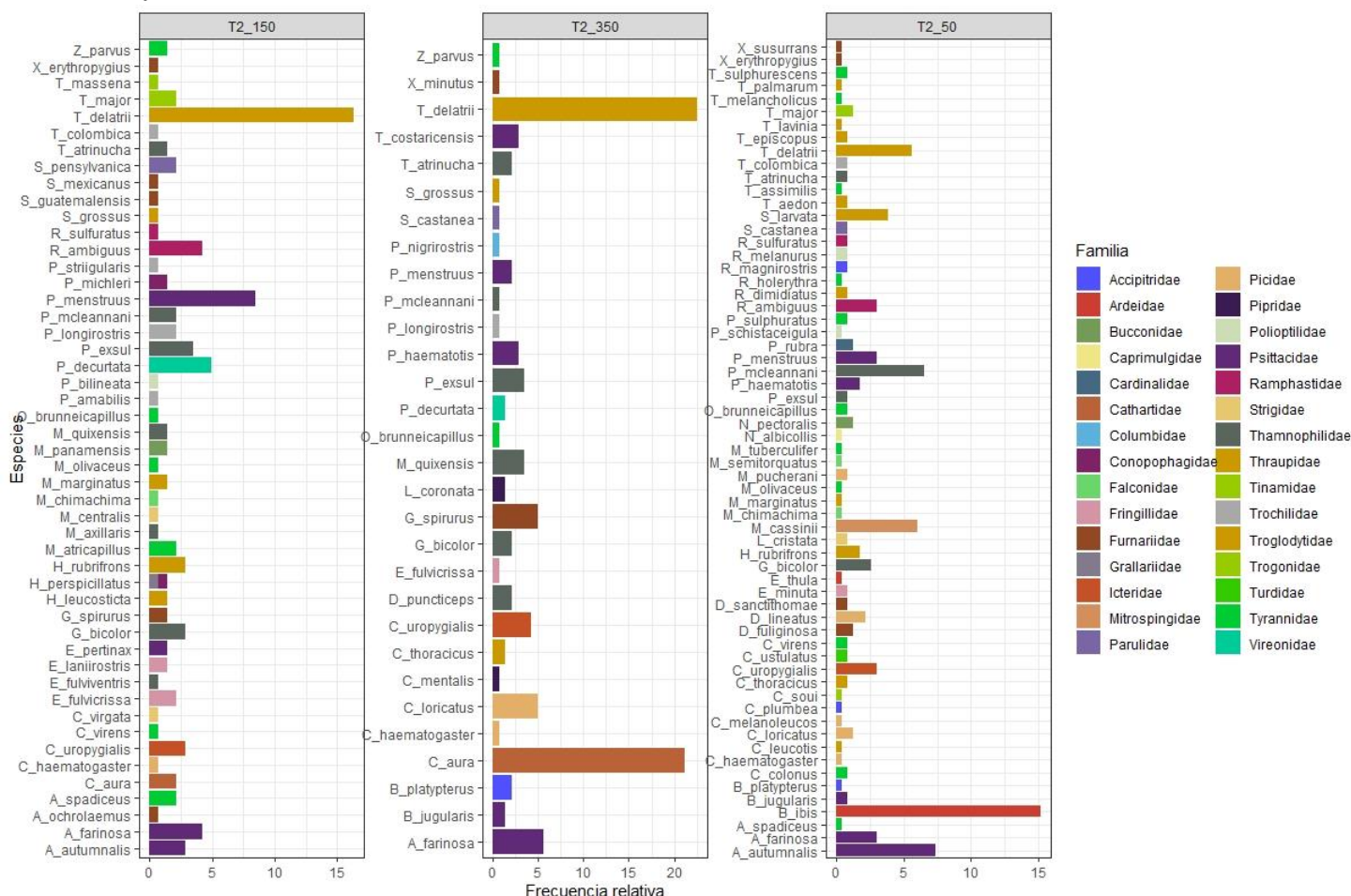
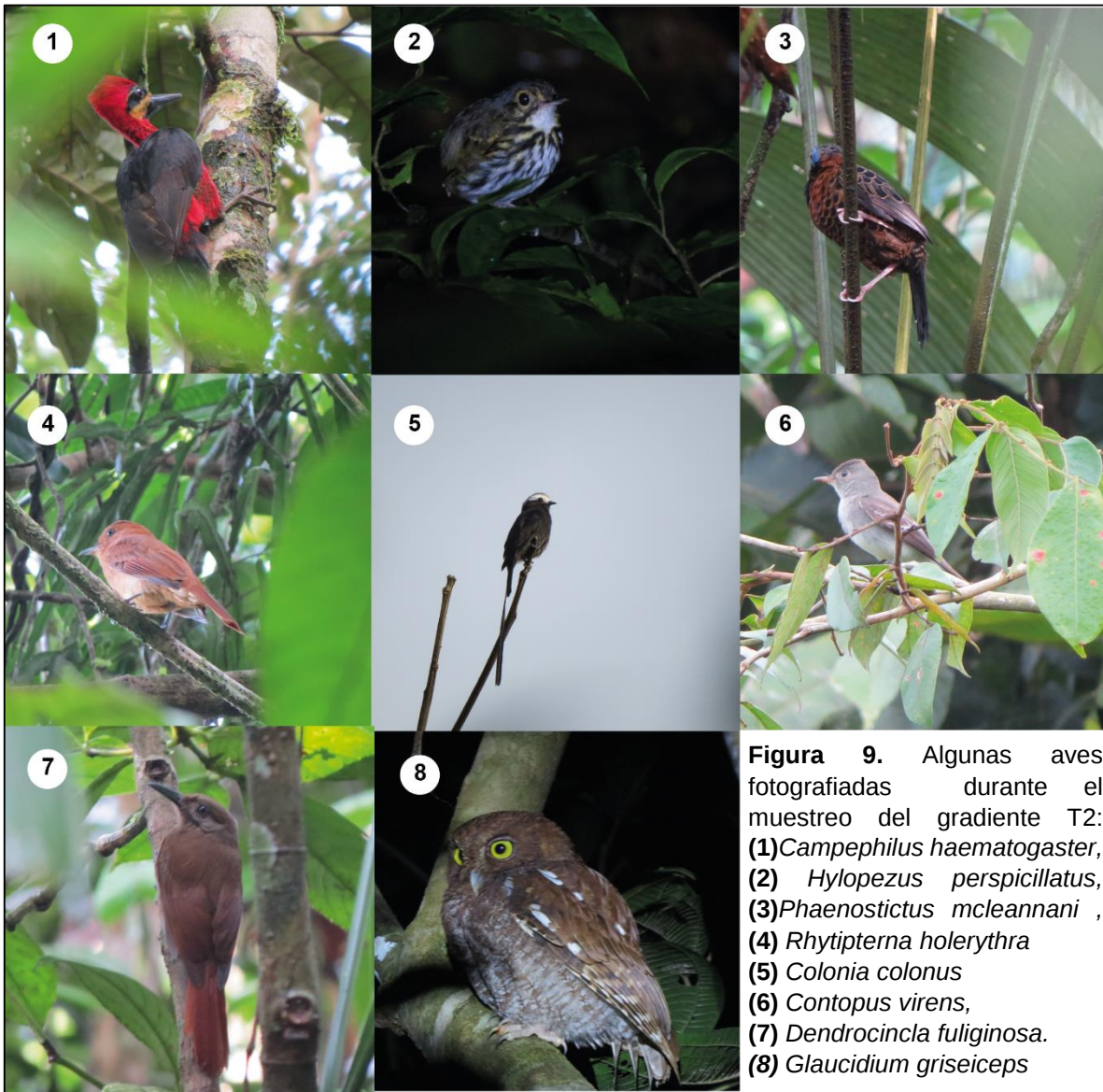


Figura 8. Gráfica de frecuencias relativas de especies de aves presentes en el gradiente T2 desagregadas por familia.



Mamíferos terrestres

Los mamíferos terrestres y arborícolas estuvieron representados en el gradiente T2 por 26 registros individuales correspondientes a nueve especies.

El índice de diversidad de Shannon H' del transecto T2_150 fue el más alto de entre los tres gradientes muestreados ($H' = 1.39$) presentando además una baja dominancia, el siguiente sitio con mejor índice de Shannon H' fue el transecto T2_50 ($H' = 1.28$), estos valores se estiman bajos, aunque han resultado estar entre los mas altos de todos los gradientes muestreados hasta la fecha.

Indices	T2_50	T2_150	T2_350
<i>Taxa_S</i>	4	4	2
<i>Individuals</i>	19	4	3
<i>Dominance_D</i>	0.30	0.25	0.56
<i>Simpson_1-D</i>	0.70	0.75	0.44
<i>Shannon_H</i>	1.28	1.39	0.64
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.90	1.00	0.94
<i>Brillouin</i>	1.06	0.79	0.37
<i>Menhinick</i>	0.92	2.00	1.16
<i>Margalef</i>	1.02	2.16	0.91
<i>Equitability_J</i>	0.92	1.00	0.92
<i>Fisher_alpha</i>	1.55	0.00	2.62
<i>Berger-Parker</i>	0.42	0.25	0.67
<i>Chao-1</i>	4	10	2

Tabla 6. Principales índices de diversidad alfa para mamíferos de los transectos del gradiente T2.

El transecto T2_50 con 19 individuos y 4 especies fue el único en alcanzar la asíntota para una completitud cercana al 1.00. El resto de los transectos no logro alcanzar la asíntota por lo que se estima que la riqueza sea superior a la aquí reportada, por ejemplo, el estimador Chao-1 para el transecto T2_150 estima la riqueza en 10 especies.

En todo caso los valores registrados de mamíferos terrestres para este sitio han sido bajos respecto a la diversidad esperada cuando se toma como base información procedente de monitoreos con cámaras trampa.

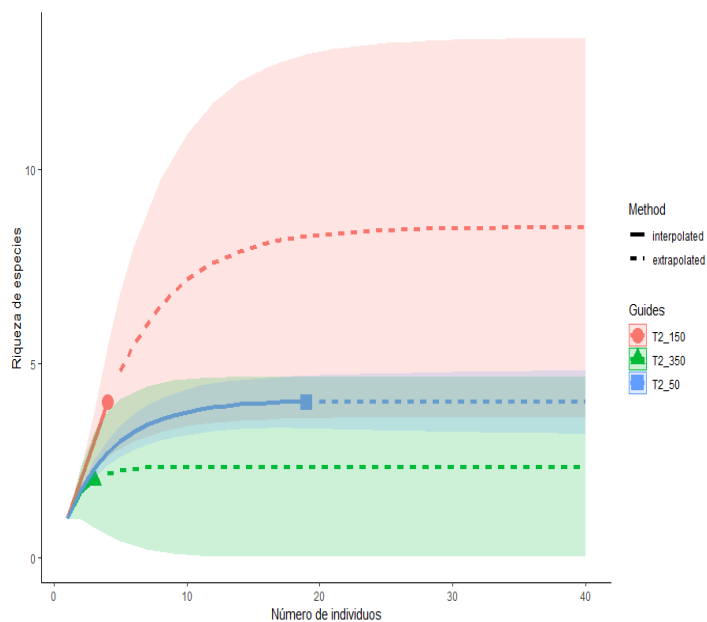


Figura 10. Curva de rarefacción de la riqueza de mamíferos terrestres para los transectos del T2

Respecto a las especies presentes, el mono cariblanco (*Cebus capuchinus*) fue la especie más común en el T2_50 con una abundancia relativa del 40%, seguido del mono aullador (*Alouatta palliata*). Otra especie presente y que corresponde a las especies EdI del proyecto Cobre Panamá, es el venado corzo (*Mazama temama*) presente con registro de huellas en los transectos T2_50 y T2_150.

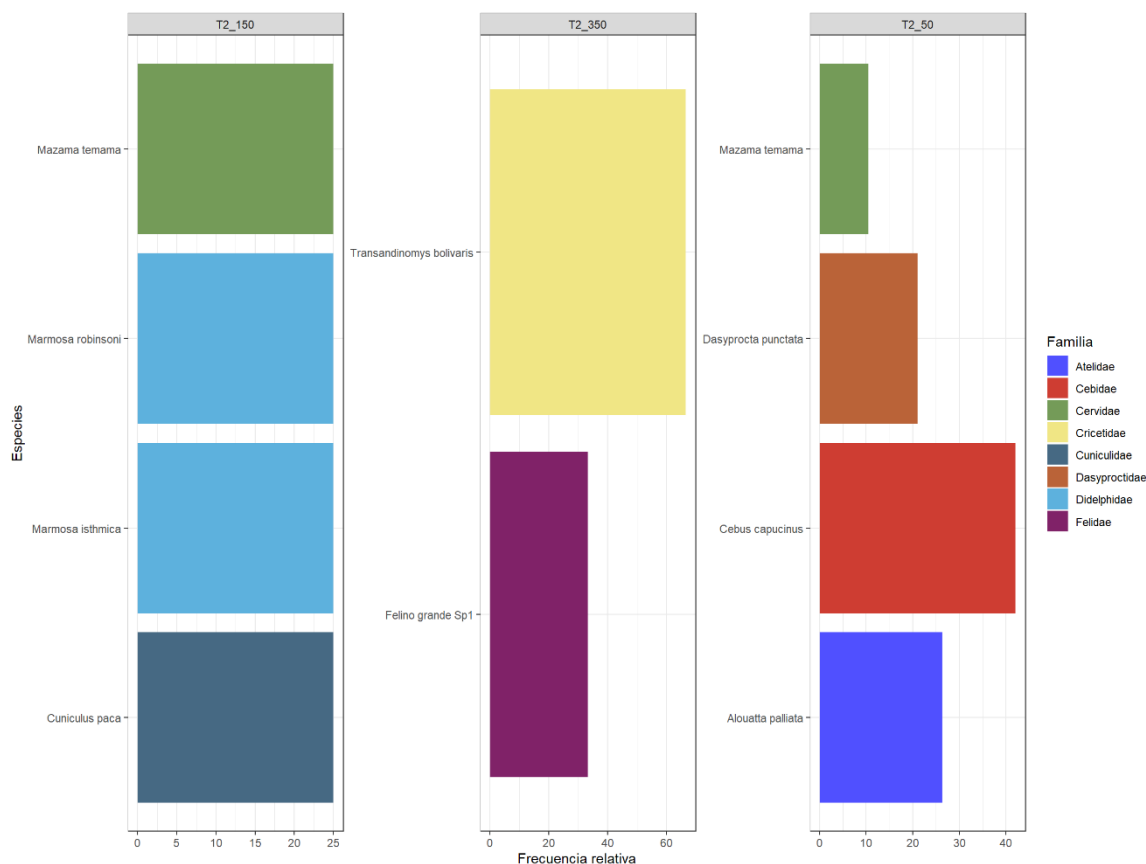


Figura 11. Gráfica de frecuencias relativas de especies de mamíferos presentes en el gradiente T2 desagregadas por familia.

Murciélagos

La diversidad de mamíferos voladores del orden Chiroptera estuvo representada por siete especies de la familia Phyllostomidae, distribuidas en un total de 24 individuos, la mayoría de los cuales fueron capturados en el transecto T2_50 (n=13), para un índice de diversidad de Shannon $H' = 1.53$. El siguiente transecto con valor más alto fue T2_350 con índice de Shannon $H' = 1.04$, ambos considerados valores inferiores a reportes previos de diversidad de murciélagos en el área de Donoso en donde se estima el índice de Shannon H' para murciélagos de Donoso en 1.90⁶

Indices	T2_50	T2_150	T2_350
<i>Taxa_S</i>	6	3	3
<i>Individuals</i>	13	7	4
<i>Dominance_D</i>	0.28	0.55	0.38
<i>Simpson_1-D</i>	0.72	0.45	0.63
<i>Shannon_H</i>	1.53	0.80	1.04
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.77	0.74	0.94
<i>Brillouin</i>	1.12	0.53	0.62
<i>Menhinick</i>	1.66	1.13	1.50
<i>Margalef</i>	1.95	1.03	1.44
<i>Equitability_J</i>	0.85	0.72	0.95
<i>Fisher_alpha</i>	4.32	1.99	5.45
<i>Berger-Parker</i>	0.46	0.71	0.50
<i>Chao-1</i>	7	4	3.5

Tabla 7. Principales índices de diversidad alfa para murciélagos de los transectos del gradiente T2.

La especie más común fue *Carollia perspicillata* con nueve registros, 6 de los cuales ocurrieron en T2_50, la siguiente especie más comúnmente capturada fue *Artibeus watsoni* (n= 8) con cinco individuos capturados en T2_150.

La especie *Carollia perspicillata* es un murciélago común que se alimenta de una amplia variedad de frutos; con preferencia a frutos del género *Piper* (frutos en forma de espigas); también consume frutos de la familia Solanaceae, y especies de Cecropia⁷.

Varios factores influyen en la actividad nocturna de los murciélagos, que impactan sobre los muestreos de este grupo taxonómico, entre ellos están las lluvias,

⁶ Araúz G., J. (2017). Riqueza y abundancia de las especies de murciélagos de donoso, provincia de colón, panamá. *Tecnociencia*, 19(2), 47-65. Recuperado a partir de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/120>

⁷ Fatima, V., Oria, M., Machado, M. C. 2007. Determinación de la dieta de algunas especies de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) de la cordillera central de Venezuela. *FARAUTE* 2(2): 5-15.

temperatura y el ciclo lunar, que determina en muchos animales nocturnos los ciclos reproductivos entre otras actividades como el forrajeo y reproducción ⁸. Es probable que las fuertes lluvias registradas durante el periodo de muestreo hayan incidido en las bajas capturas de murciélagos en algunos transectos.

A pesar de esto, la cobertura de la muestra para el transecto T2_50 alcanzó el valor de 1.00, llegando a la asíntota, sin embargo, la cobertura para los tramos T2_150 y T2_350 estuvo entre 0.20 y 0.80 respectivamente.

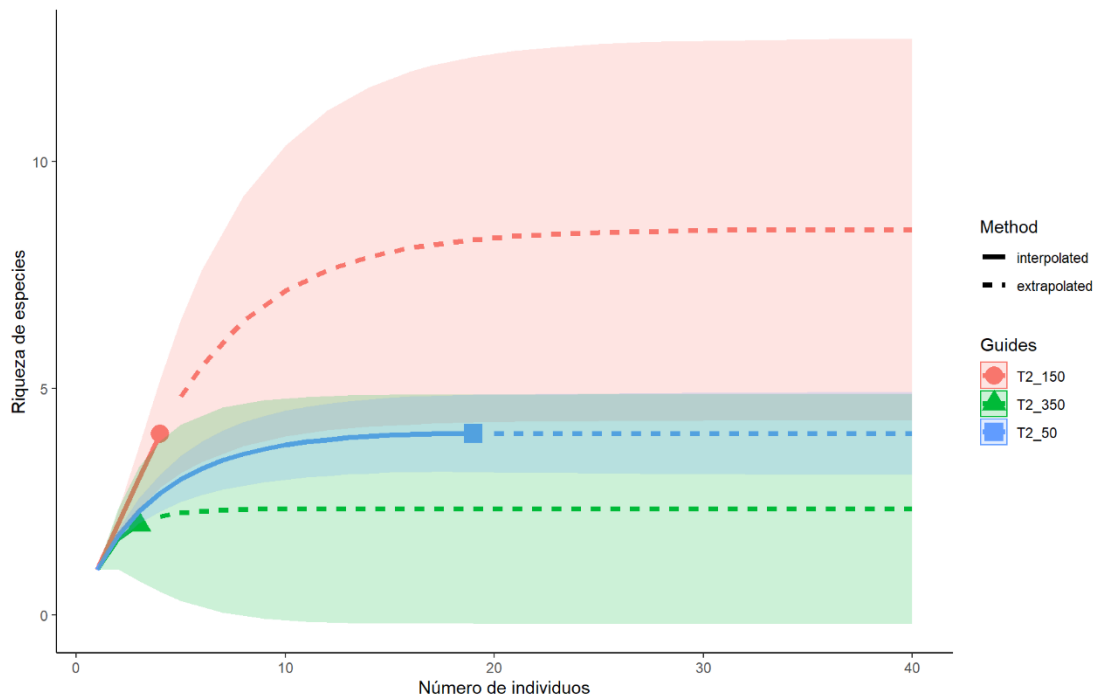


Figura 12. Curva de rarefacción de la riqueza de murciélagos para los transectos del T2

⁸ Giulliana Appel, Adrià López-Baucells, William Ernest Magnusson, Paulo Estefano D Bobrowiec, Temperature, rainfall, and moonlight intensity effects on activity of tropical insectivorous bats, *Journal of Mammalogy*, Volume 100, Issue 6, 19 December 2019, Pages 1889–1900, <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz140>

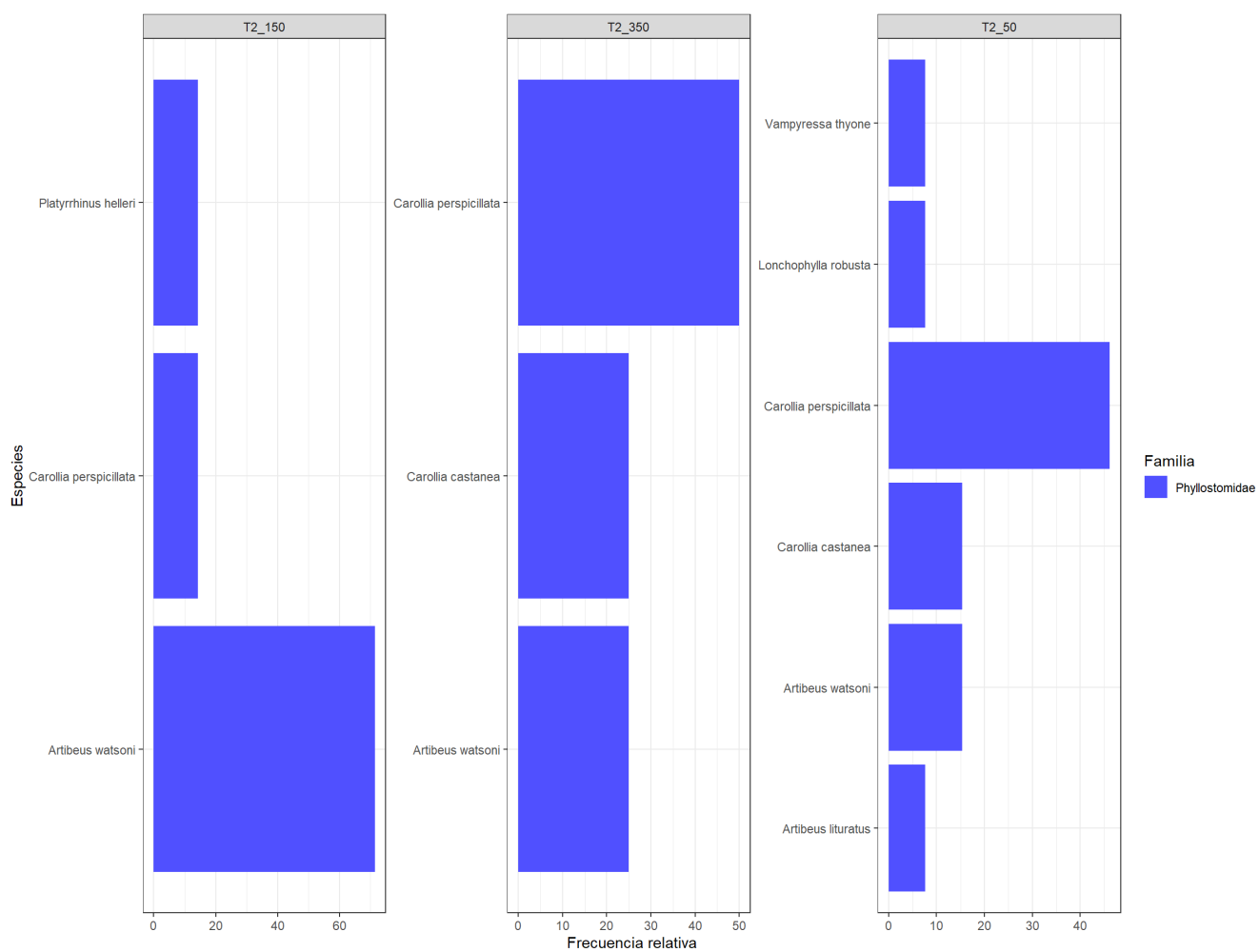


Figura 13. Gráfica de frecuencias relativas de especies de murciélagos presentes en el gradiente T2 desagregadas por familia.

Gradiente T3

Estado del gradiente

El gradiente T3 presenta pocas alteraciones respecto al estado inicial de la cobertura boscosa existente durante el establecimiento de los primeros transectos en el año 2014. Los cambios más notables han sido la recuperación natural en un área de aproximadamente 0.70 hectáreas ubicado en el extremo norte del transecto T3_750 la aparición de un área de “trabajadero” de 1.8 hectáreas que interfiere con la sección norte del transecto T3_1500.

Salvo el parche de bosque alterado cerca del T3_1500 el resto de los transectos se mantiene intacto, aun así, es posible que los resultados del muestreo presenten sesgos causados por esta intervención, entendiendo que las zonas de trabajadero también son utilizadas para la cacería y extracción de otros recursos como madera y fibras vegetales por parte de las comunidades que habitan la zona.

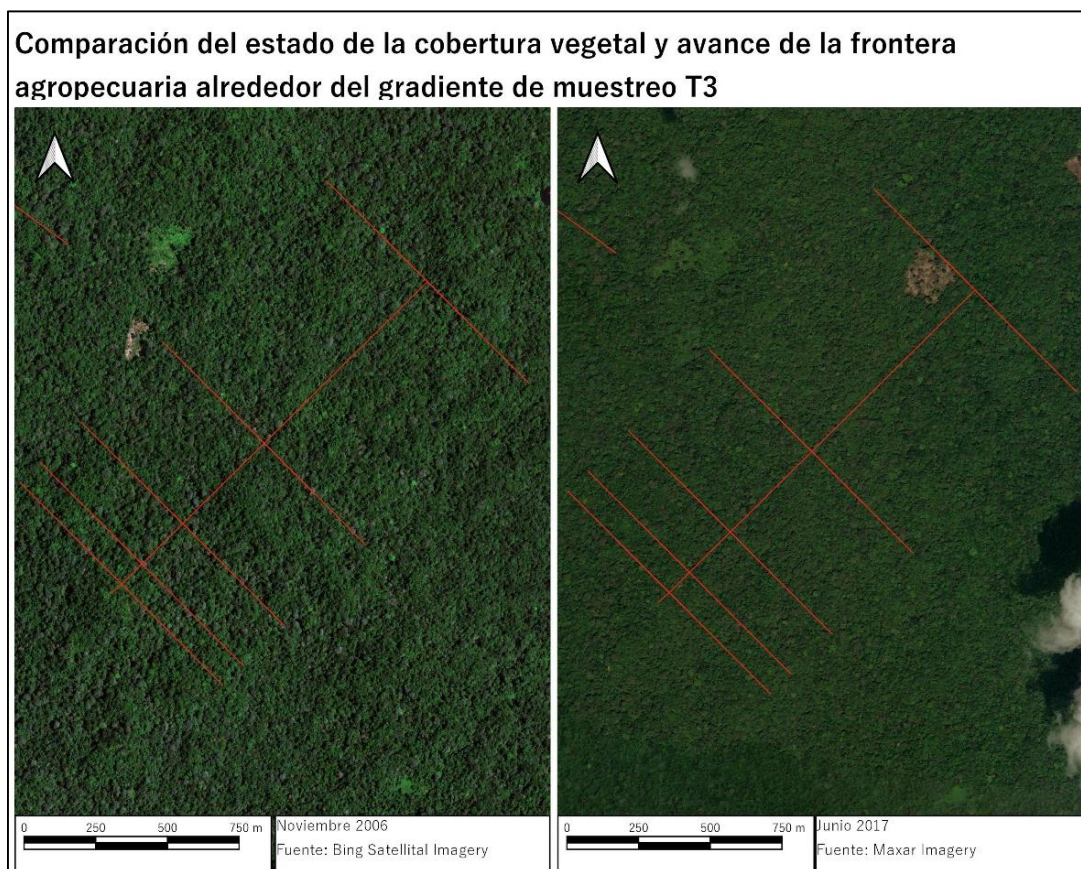


Figura 14. Mapa del gradiente T2 mostrando el cambio en la cobertura vegetal ocurrido entre 2006 y 2017.

Anfibios

La mayor diversidad de anfibios dentro del gradiente T3 se registró en el transecto T3_750 con 21 especies distribuidas en 43 individuos, dando un índice de Shannon $H' = 2.91$ bits, siendo además el sitio con mayor riqueza de anfibios entre los todos los gradientes muestreados a la fecha. El índice de Shannon para el gradiente T3 osciló entre 2.35 y 2.91 bits, en el rango medio alto del índice, con el valor más bajo en T3_150 (Tabla 6)

Indices	T3_50	T3_150	T3_350	T3_750	T3_1500
<i>Taxa_S</i>	12	13	16	21	14
<i>Individuals</i>	22	28	46	43	45
<i>Dominance_D</i>	0.10	0.11	0.09	0.06	0.10
<i>Simpson_1-D</i>	0.90	0.89	0.91	0.94	0.90
<i>Shannon_H</i>	2.37	2.35	2.55	2.91	2.45
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.90	0.81	0.80	0.87	0.82
<i>Brillouin</i>	1.82	1.86	2.13	2.36	2.06
<i>Menhinick</i>	2.56	2.46	2.36	3.20	2.09
<i>Margalef</i>	3.56	3.60	3.92	5.32	3.42
<i>Equitability_J</i>	0.96	0.92	0.92	0.95	0.93
<i>Fisher_alpha</i>	10.81	9.43	8.71	16.21	6.97
<i>Berger-Parker</i>	0.18	0.18	0.15	0.09	0.20
<i>Chao-1</i>	13.67	20.00	19.75	27.00	14.14

Tabla 8. Principales índices de diversidad alfa para los transectos del gradiente T3 para el componente de anfibios.

La rarefacción de los datos (Figura 11) indica que todos los transectos presentan una cobertura de la muestra comprendida entre el 80 y 96%, lo que significa que el esfuerzo de muestreo permite una buena representación de la diversidad real de los transectos. El transecto con mayor cobertura de la muestra fue T3_1500 con 96% de cobertura, sin embargo, la diversidad real puede ser superior a la aquí reportada, particularmente en el T2_150 que según la gráfica de rarefacción no alcanza la asíntota y presenta una cobertura de muestra de 80%. Factores ambientales como la lluvia y temperatura pudieron incidir sobre la completitud y representatividad de los anfibios durante el muestreo

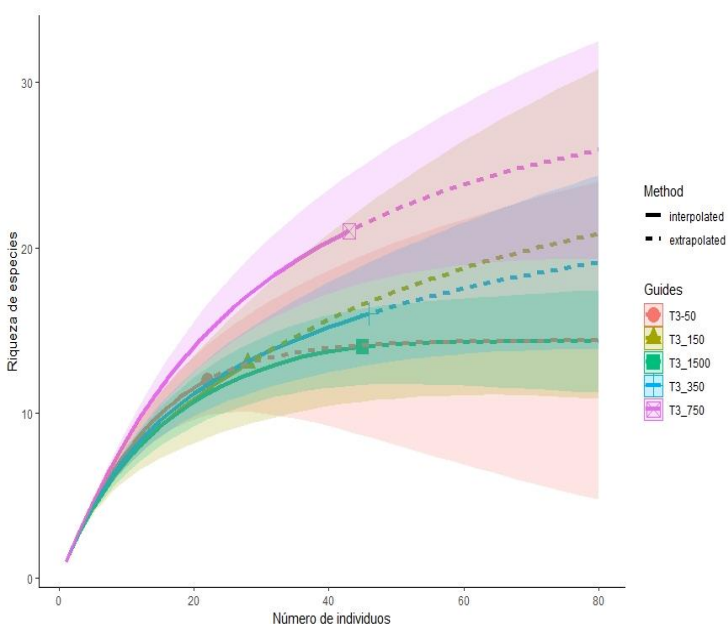


Figura 15. Curva de rarefacción de la riqueza de anfibios para los transectos del T3.

El análisis de las frecuencias relativas de anfibios en el gradiente T3 indica que la especie más frecuente en los transectos T3_150, T3_750 y T3_1500 fue *Teratohyla spinosa* (Centronelidae), especie asociada al microhábitat ripario de cursos de agua lenta⁹. En T3_50 las especies más abundantes fueron del género *Diasporus*, entre ellas *Diasporus citrobaeaphus*, *Diasporus* cf. *vocator*, *Diasporus quidditus* y una especie no identificada del mismo género que suman en conjunto el 40% de los registros de anfibios. Estas especies presentan un índice de vulnerabilidad ambiental (EVS) de rango medio con valores entre 8 y 10 de EVS.

El T3_150 fueron igual de frecuentes las especies *Oophaga vicentei*, *Diasporus* cf. *vocator* y *Craugastor crassidigitus*, de éstas *Oophaga vicentei* es la especie con mayor índice de vulnerabilidad ambiental (EVS=13). En T3_350 la especie más frecuente fue *Craugastor crassidigitus* seguida de *Andinobates minutus*, ambas con EVS correspondiente al rango de vulnerabilidad media. T3_750 registro la mayor riqueza de especies (S=21) con las especies dominantes *Teratohyla spinosa*, *Rhinella alata* y una especie de *Diasporus* no identificada. En T3_750 también se registraron las especies *Oophaga vicentei* y *Silvestoneia flotator*, ambas de la familia Dendrobatidae con un índice EVS correspondiente a una alta vulnerabilidad ambiental.

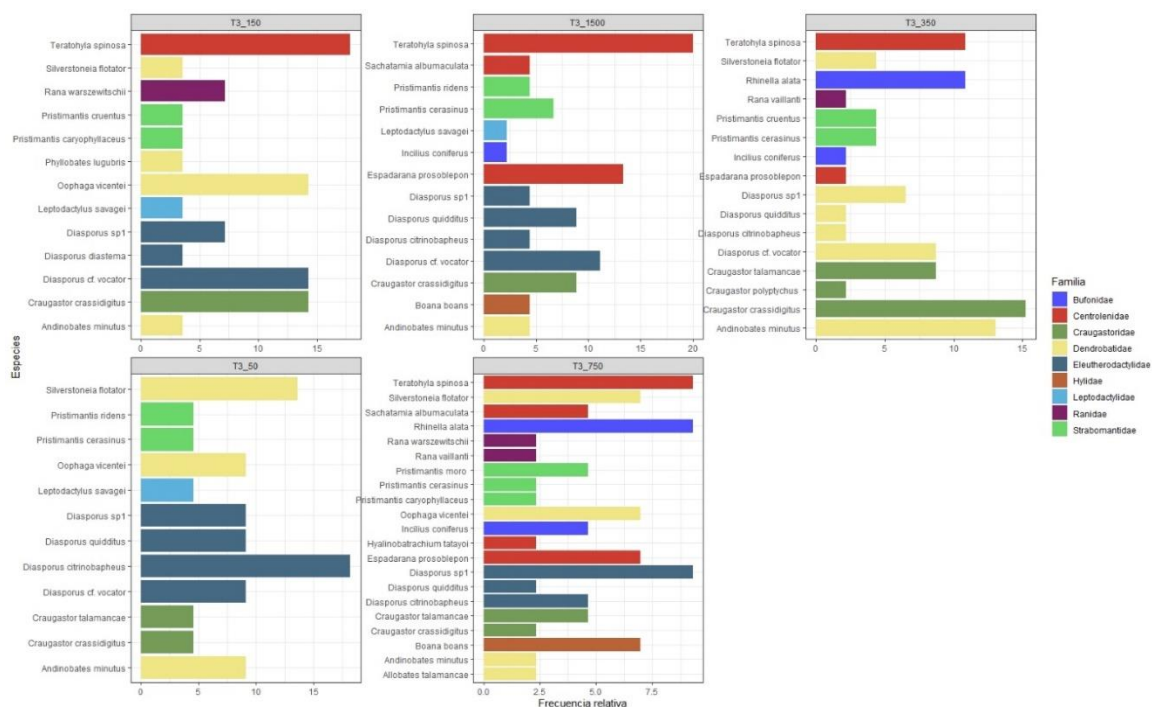


Figura 16. Gráfica de frecuencias relativas de especies de anfibios presentes en el gradiente T3 desagregadas por familia

⁹ Xochitl Ortiz-Ross, Michelle E. Thompson, Enrique Salicetti-Nelson, Orlando Vargas-Ramírez, Maureen A. Donnelly; Oviposition Site Selection in Three Glass Frog Species. Copeia 1 July 2020; 108 (2): 333–340. doi: <https://doi.org/10.1643/CE-19-243>

Reptiles

Se reportan 45 individuos pertenecientes a 20 especies de reptiles en el gradiente T3. La familia Dactyloidea fue dominante en casi todos los transectos a excepción del T3_1500 en donde solo se reportaron las especies *Leptoidera ornata* y *Enyaloides heterolepis*. El transecto con mayor riqueza de especies fue el T3_350 con 8 especies distribuidas en 15 individuos, siendo *Anolis humilis* la especie con mayor frecuencia de registros, en este transecto se documentó el único registro de *Diploglossus monotropis* de este muestreo, especie declarada como amenazada por el Ministerio de Ambiente¹⁰. En el transecto T3_50 fue frecuente el registro del género *Anolis*, siendo *Anolis lionotus* la especie con mayor frecuencia de registros en este transecto.

En el transecto T_150 se reportan 7 especies de las cuales *Anolis humilis* y *Loxopholis southi* presentan igual frecuencia relativa, compartiendo la dominancia del ensamble de la comunidad de reptiles del sitio, se registra para este sitio la presencia de la tortuga *Rhinoclemys annulata*, especie asociada a los bosques¹¹ maduros y catalogada como Casi Amenazada (NT) según la lista roja de UICN¹².

Finalmente, en el transecto T_750 también fueron frecuentes los Anolis, con *Anolis limifrons* y *Anolis humilis* siendo las especies más abundantes, ambas con la misma frecuencia relativa.

Indices	T3_50	T3_150	T3_350	T3_750	T3_1500
Taxa_S	7	7	8	7	2
Individuals	10	9	15	9	2
Dominance_D	0.18	0.16	0.22	0.16	0.50
Simpson_1-D	0.82	0.84	0.78	0.84	0.50
Shannon_H	1.83	1.89	1.81	1.89	0.69
Evenness_e^H/S	0.89	0.94	0.76	0.94	1.00
Brillouin	1.26	1.27	1.33	1.27	0.35
Menhinick	2.21	2.33	2.07	2.33	1.41
Margalef	2.61	2.73	2.59	2.73	1.44
Equitability_J	0.94	0.97	0.87	0.97	1.00
Fisher_alpha	10.36	14.49	6.97	14.49	0.00
Berger-Parker	0.30	0.22	0.40	0.22	0.50
Chao-1	12.00	10.33	11.33	10.33	3.00

Tabla 9. Principales índices de diversidad alfa de los transectos del gradiente T3 para el componente de reptiles.

¹⁰ Resolución DM-0657 de 16 de diciembre de 2016. Por la cual se establece el proceso para la elaboración y revisión periódica del listado de especies de fauna y flora de Panamá, y se dictan otras disposiciones. Gaceta Oficial N° 28187a

¹¹ Moll, D., & Jansen, K. P. (1995). Evidence for a Role in Seed Dispersal by Two Tropical Herbivorous Turtles. *Biotropica*, 27(1), 121–127. <https://doi.org/10.2307/2388909>

¹² Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group. 1996. *Rhinoclemmys annulata* (errata version published in 2016). The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e.T19501A97375435. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T19501A8941417.en>. Accessed on 05 February 2022.

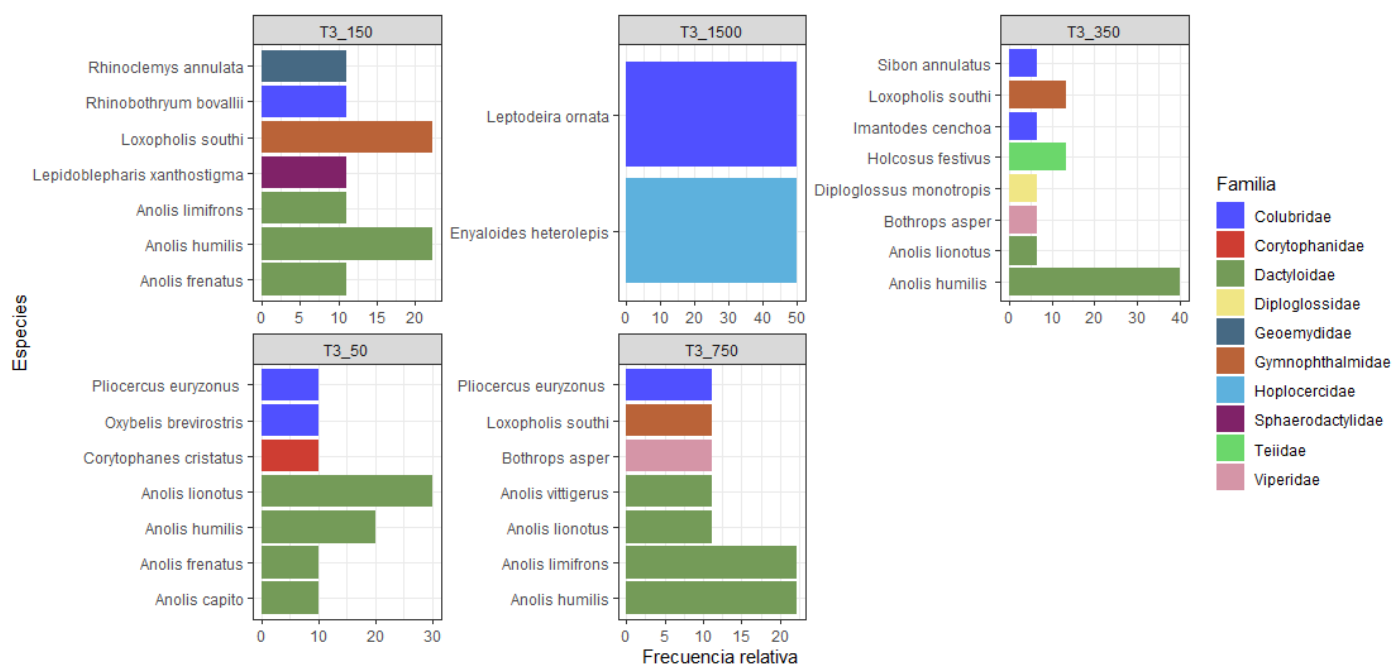


Figura 17. Gráfica de frecuencias relativas de especies de reptiles presentes en el gradiente T3 desagregadas por familia

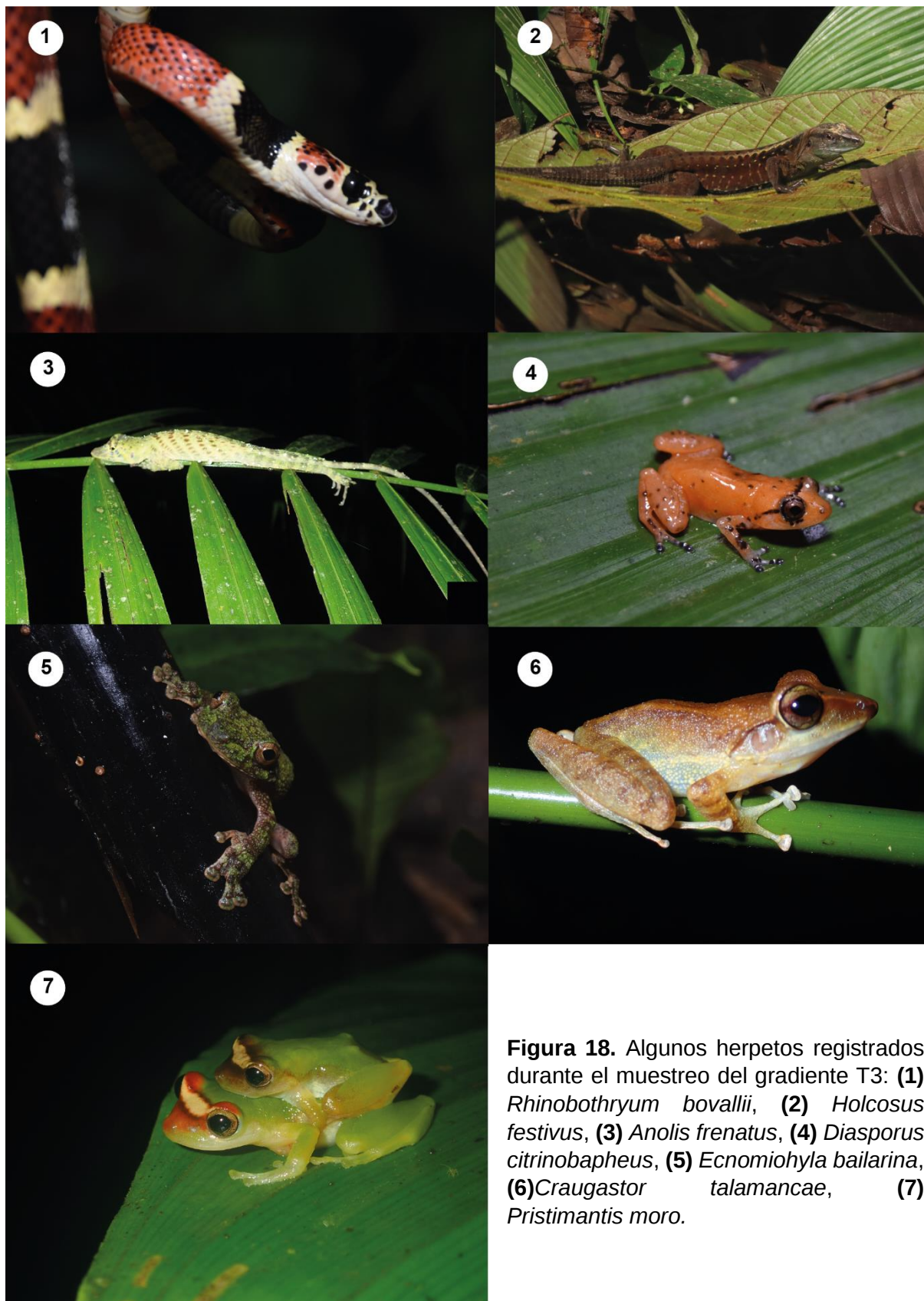


Figura 18. Algunos herpetos registrados durante el muestreo del gradiente T3: **(1)** *Rhinobothryum bovallii*, **(2)** *Holcosus festivus*, **(3)** *Anolis frenatus*, **(4)** *Diasporus citrinobapheus*, **(5)** *Ecnomiohyla bailarina*, **(6)** *Craugastor talamancae*, **(7)** *Pristimantis moro*.

Aves

Se registraron 787 observaciones de aves distribuidas en 114 especies presentes en cinco transectos del gradiente T3, de estos transectos, el T3_150 registró la mayor abundancia de aves ($n=253$) y riqueza de especies ($S=61$) con una cobertura de muestra igual a 0.90, pero sin alcanzar la asíntota en la curva de rarefacción. El índice de diversidad de Shannon H' fue de 3.76 bits con una baja dominancia de especies ($D' = 0.03$).

El segundo transecto con mayor riqueza fue T3_350 y en orden descendente T3_50, T3_750 y finalmente T3_1500 con 48 especies y 132 individuos (Tabla 8).

Índices	T3_50	T3_150	T3_350	T3_750	T3_1500
<i>Taxa_S</i>	50	61	51	43	48
<i>Individuals</i>	111	253	169	122	132
<i>Dominance_D</i>	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04
<i>Simpson_1-D</i>	0.97	0.97	0.96	0.95	0.96
<i>Shannon_H</i>	3.70	3.76	3.52	3.38	3.48
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.81	0.70	0.66	0.68	0.67
<i>Brillouin</i>	3.16	3.41	3.13	2.94	3.03
<i>Menhinick</i>	4.75	3.84	3.92	3.89	4.18
<i>Margalef</i>	10.40	10.84	9.75	8.74	9.63
<i>Equitability_J</i>	0.95	0.91	0.90	0.90	0.90
<i>Fisher_alpha</i>	35.02	25.52	24.81	23.66	27.14
<i>Berger-Parker</i>	0.05	0.09	0.11	0.13	0.11
<i>Chao-1</i>	87.50	62.12	60.07	55.75	62.00

Tabla 10. Principales índices de diversidad alfa de los transectos del gradiente T3 para el componente de aves.

El índice de Shannon se mantuvo en el rango medio alto del índice con valores entre 3.38 y 3.70 bits, con dominancia baja en todos los transectos ($D' \text{ max} = 0.05$).

Los valores de diversidad de los transectos del gradiente T3 son medios, cuando se les compara con los transectos T2 y T4 que presentaron índices con valores por debajo y superiores a T3 respectivamente.

El análisis de la curva de rarefacción indica que la cobertura de la muestra vario entre los transectos con valores de 0.72 a 0.90, sin alcanzar en ningún caso la asíntota. (Figura 15).

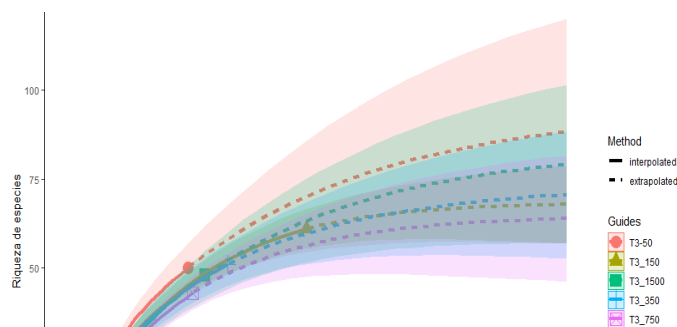


Figura 19. Curva de rarefacción de la riqueza de aves para los transectos del T3.

El estimador de riqueza Chao 1 sugiere que la riqueza esperada, en todos los casos es superior a 60 especies, con una estimación máxima de 87 en T3_50.

Tres especies, pertenecientes a tres familias distintas presentan la mayor frecuencia relativa, *Ramphastus ambiguus* (Ramphastidae), *Pyrila haematotis* (Psittacidae) y *Cacicus uropygialis* (Icteridae), todas habitantes del dosel del bosque.

Otras especies, menos frecuentes, pero también comunes en el T2_50 fueron *Piranga olivacea* (Cardinalidae), *Campephilus melanoleucos* (Picidae), *Dysithamnus puncticeps*, *Poliocrania exsul* (Thamnophilidae) y *Tinamus major* (Tinamidae), de estas *Piranga olivacea* o tångara rojinegra, es una especie migratoria procedente de norteamerica que migra hacia el sur durante el invierno septentrional. *Campephilus melanoleucos* o carpintero marcial es común en zonas de bosque secundario maduro y bosques maduros.

Las especies *Dysithamnus puncticeps* y *Poliocrania exsul* son hormigueritos, aves de sotobosque, especialistas y poco comunes, asociadas a los enjambres de hormigas guerreras del género *Eciton*, a las cuales siguen para obtener su alimento. Por otra parte, el tinamú grande es un ave perseguida por su carne, habitante del suelo del bosque y en categoría de vulnerable según MiAmbiente ¹³.

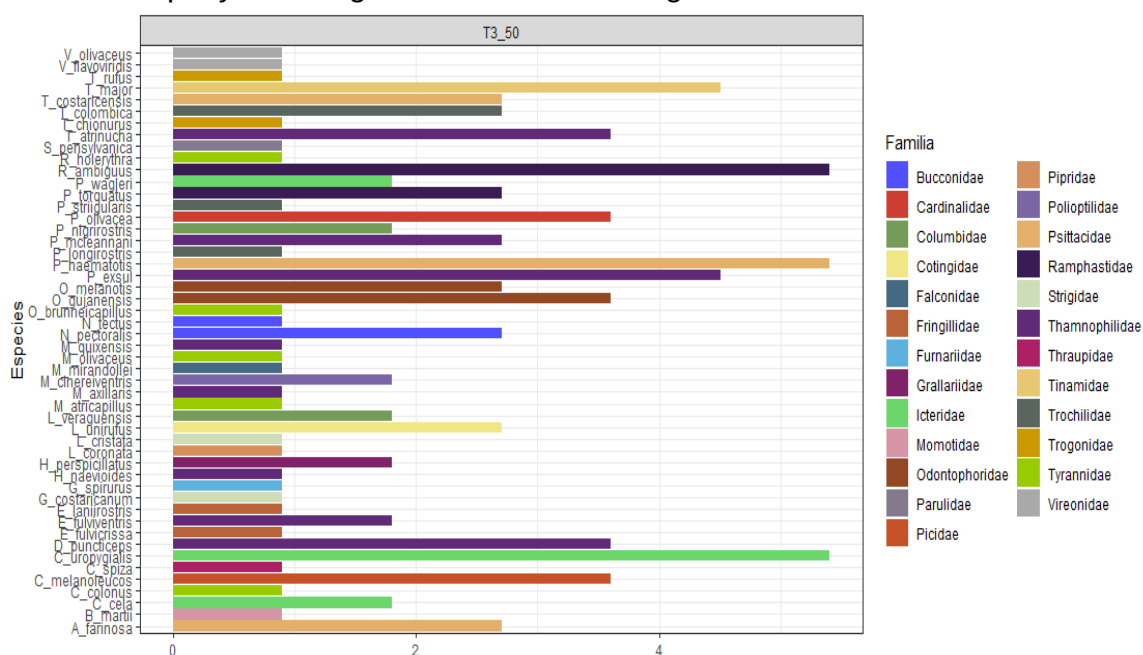
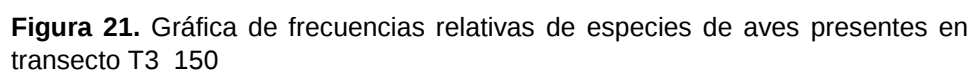


Figura 20. Gráfica de frecuencias relativas de especies de aves presentes en transecto T3_50

En el transecto T3_150 fue más frecuente la especie *Pyrila haematotis* (Psittacidae) seguida, con igual frecuencia relativa por las especies *Amazona farinosa*

¹³ Resolución DM-0657 de 16 de diciembre de 2016. Por la cual se establece el proceso para la elaboración y revisión periódica del listado de especies de fauna y flora de Panamá, y se dictan otras disposiciones. Gaceta Oficial N° 28187a

El resto de las especies reportadas con mayor frecuencia también comparten requerimientos de hábitat típicos de zonas poco perturbadas, es decir condiciones de sombra, alta humedad y buena cobertura boscosa, tal es el caso de la codorniz orejinegra (*Odontophorus melanotis*) especie con reportada con frecuencia relativa media ($5 > f.r > 2.5$) que se encuentra listada como especie vulnerable por el Ministerio de Ambiente⁰.



¹⁴ Angehr, George R. and Dean, Robert. 2011. The birds of Panama: A field guide. <https://doi.org/n/a>

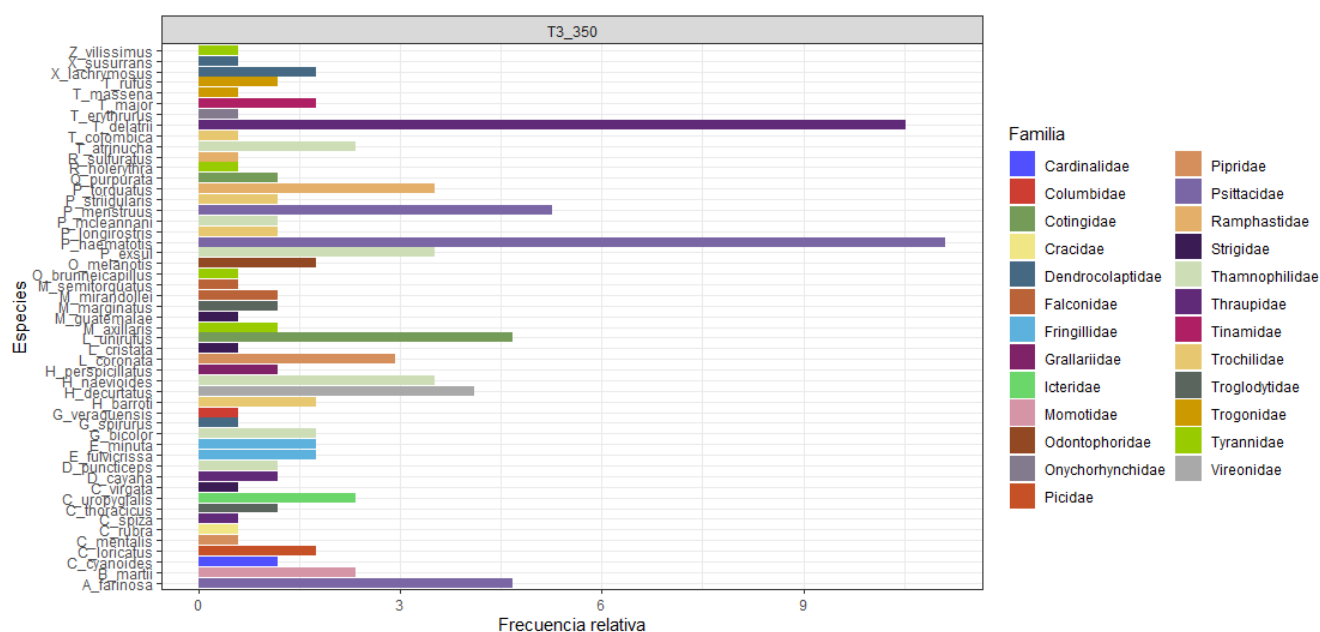


Figura 22. Gráfica de frecuencias relativas de especies de aves presentes en transecto T3_350

El ensamble de la comunidad de aves del T3_750 difiere de los anteriores, este transecto se encuentra afectado por actividad humana y ofrece espacios abiertos, en donde la especie observada con mayor frecuencia fue el vencejo de collar (*Streptoprocne zonaris*) de la familia Apodidae, seguido del gallinazo cabecirrojo (*Cathartes aura*) de la familia Cathartidae. Otras especies medianamente frecuentes fueron el tucánchillo o pichilingo (*Pteroglossus torquatus*) y el cacique rabirrojo (*Cacicus uropygialis*).

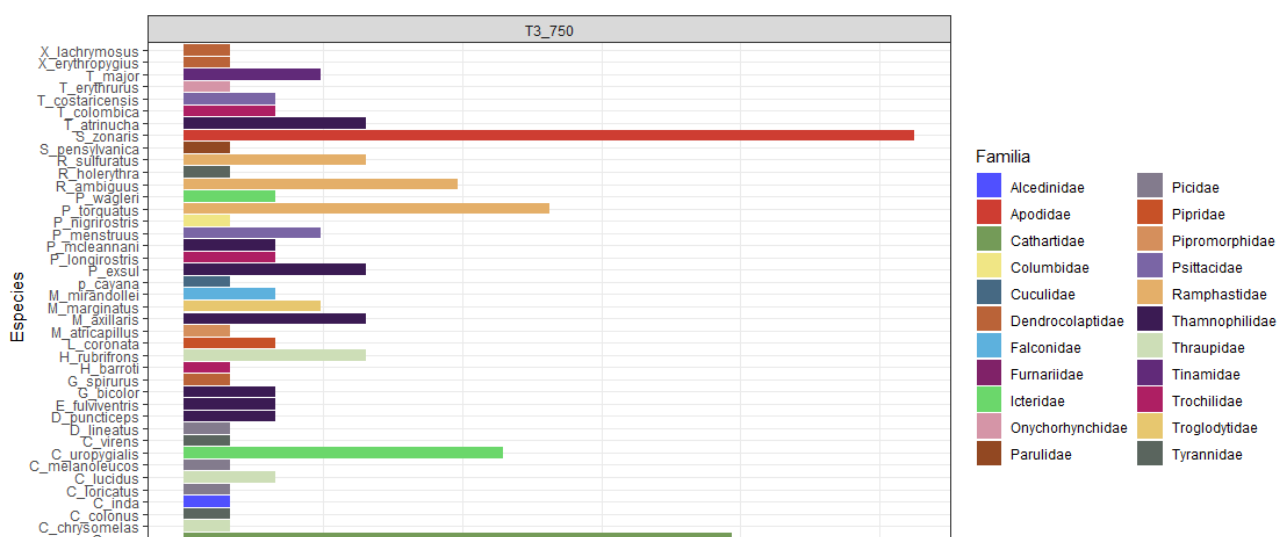


Figura 23. Gráfica de frecuencias relativas de especies de aves presentes en transecto T3_750

La composición de la comunidad de aves de transecto T3_1500 se asemeja más a los transectos T3_50 a T3_350 por cuanto las especies con mayor frecuencia relativa son las mismas, con *Amazona farinosa* y *Pyrilia haematotis* como especies más abundantes, ambas de la familia Psittacidae. Otras especies con frecuencias relativas medias fueron el pichilingo o tucancillo (*Pteroglossus torquatus*) y el loro cazanga (*Pionus menstruus*)

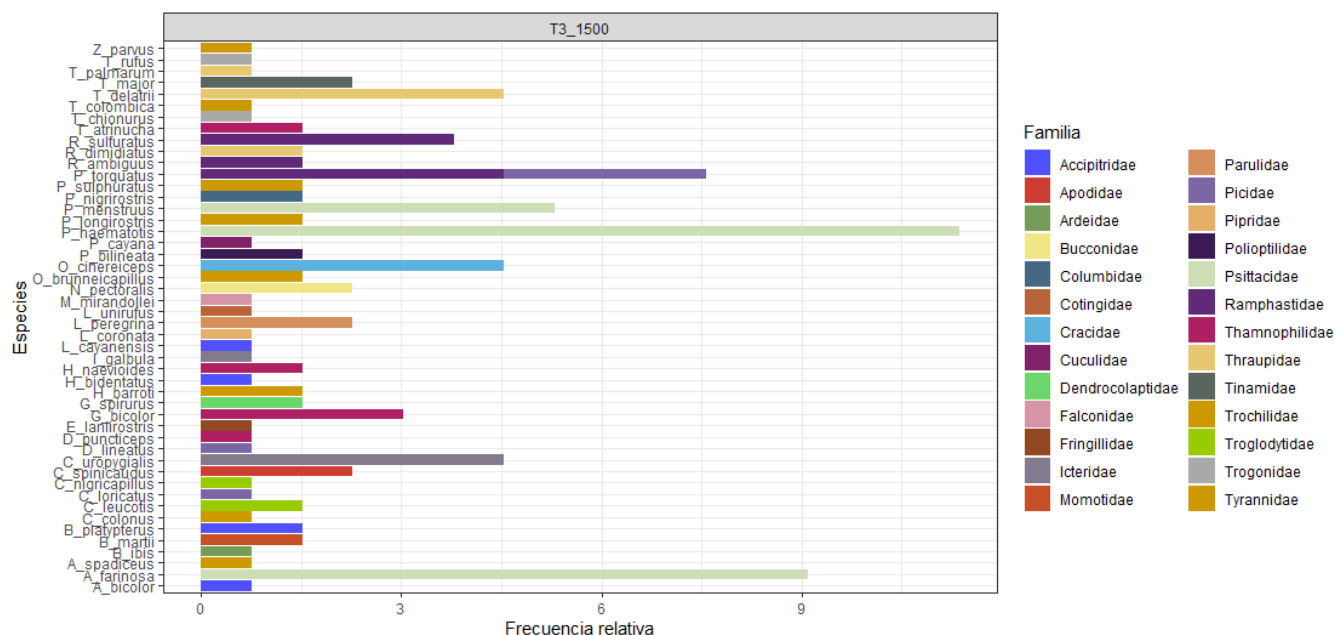


Figura 24. Gráfica de frecuencias relativas de especies de aves presentes en transecto T3 1500



Mamíferos terrestres

La diversidad de mamíferos terrestres en el gradiente T3 estuvo representada por nueve especies distribuidas en 20 individuos. El transecto T3_50 reporta solo una especie (*Leopardus pardalis*) y por consiguiente los índices de diversidad se ubican en el extremo inferior del rango para todos los indicadores de diversidad biológica.

El transecto con mayor índice de Shannon H' fue T3_150 (H'= 1.69 bits) obtenido a partir de 9 observaciones correspondientes a 6 especies.

Indices	T3_50	T3_150	T3_350	T3_750	T3_1500
Taxa_S	1	6	2	2	3
Individuals	1	9	4	2	4
Dominance_D	1.00	0.21	0.50	0.50	0.38
Simpson_1-D	0.00	0.79	0.50	0.50	0.63
Shannon_H	0.00	1.68	0.69	0.69	1.04
Evenness_e^H/S	1.00	0.89	1.00	1.00	0.94
Brillouin	0.00	1.15	0.45	0.35	0.62
Menhinick	1.00	2.00	1.00	1.41	1.50
Margalef	0.00	2.28	0.72	1.44	1.44
Equitability_J		0.94	1.00	1.00	0.95
Fisher_alpha	0.00	7.87	1.59	0.00	5.45
Berger-Parker	1	0.3333	0.5	0.5	0.5
Chao-1	1	9	2	3	3.5

Tabla 11. Principales índices de diversidad alfa para mamíferos de los transectos del gradiente T3.

La curva de rarefacción en ningún caso alcanza la asíntota y los índices de cobertura se mantuvieron por debajo del 0.50, razón por la cual no se presenta la gráfica correspondiente. A pesar de la baja diversidad reportada, los resultados indican la presencia del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*), considerada como una especie sombrilla y categorizada como En Peligro por la UICN y además especie de interés para la conservación (EdI) del proyecto Cobre Panamá. Otra especie EdI presente en los transectos T3_50 y T3_1500 fue el ocelote (*Leopardus pardalis*)

Otras especies presentes y con escasos registros fueron el olingo (*Bassaricyon* sp) y el kinkajou (*Potos flavus*), ambas especies habitantes del dosel del bosque.

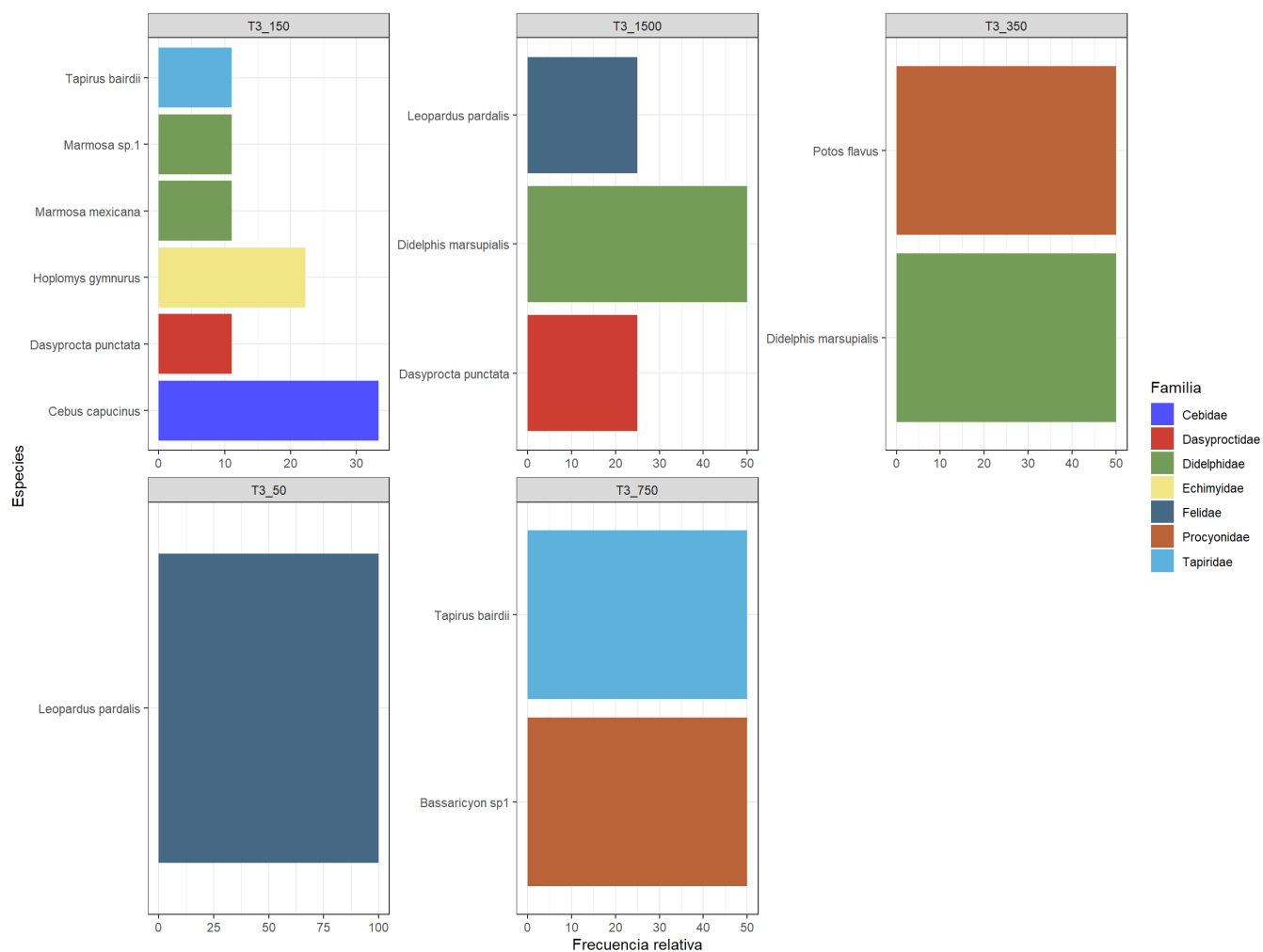


Figura 26. Gráfica de frecuencias relativas de especies de mamíferos presentes en el gradiente T3 desagregadas por familia.

Murciélagos

La diversidad de murciélagos en el gradiente T3 estuvo representada por 6 especies distribuidas en 35 individuos capturados con redes de niebla.

Los valores de Shannon para los transectos T2_50 al T2_1500 oscilaron entre 0.67 a 1.42 bits, con el valor superior obtenido en T2_1500 y el inferior en T2_350, considerados como valores bajos o medios respecto a datos publicados para la diversidad de murciélagos de Donoso. El transecto T2_1500 reporta la mayor abundancia (n=10) y riqueza (S=5) de murciélagos.

Indices	T3_50	T3_150	T3_350	T3_750	T3_1500
<i>Taxa_S</i>	3	3	2	3	5
<i>Individuals</i>	5	7	5	8	10
<i>Dominance_D</i>	0.36	0.39	0.52	0.38	0.28
<i>Simpson_1-D</i>	0.64	0.61	0.48	0.63	0.72
<i>Shannon_H</i>	1.06	1.00	0.67	1.04	1.42
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.96	0.91	0.98	0.94	0.83
<i>Brillouin</i>	0.68	0.71	0.46	0.76	1.01
<i>Menhinick</i>	1.34	1.13	0.89	1.06	1.58
<i>Margalef</i>	1.24	1.03	0.62	0.96	1.74
<i>Equitability_J</i>	0.96	0.91	0.97	0.95	0.88
<i>Fisher_alpha</i>	3.17	1.99	1.24	1.74	3.98
<i>Berger-Parker</i>	0.40	0.43	0.60	0.50	0.40
<i>Chao-1</i>	3	3	2	3	8

Tabla 12. Principales índices de diversidad alfa para murciélagos de los transectos del gradiente T3

La mayor cobertura de la muestra se obtuvo en T3_1500 con 0.73, sin alcanzar la asíntota, por lo que se espera que la diversidad real sea mayor a la reportada. Como ya se ha mencionado con anterioridad, la actividad de los murciélagos esta determinada por factores ambientales como precipitación y temperatura.

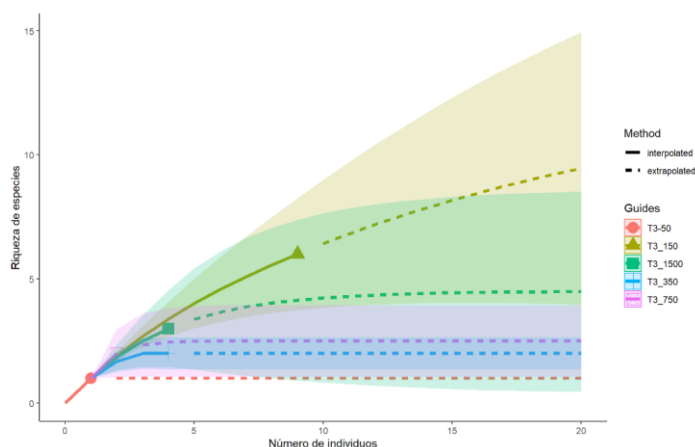


Figura 27. Curva de rarefacción de la riqueza de murciélagos para los transectos del T3.

La especie más común en el gradiente T3 fue *Artibeus watsoni*, con 11 capturas y presencia en todos los transectos muestreados. Las siguientes especies más comunes, con siete registros cada una, fueron *Carollia castanea* y *Glossophaga soricina*, ambas especies relativamente comunes y de amplia distribución.

Las especies con menor cantidad de registros fueron *Artibeus phaeotis* (n=2) y *Vampyressa thuyone* (n=3)

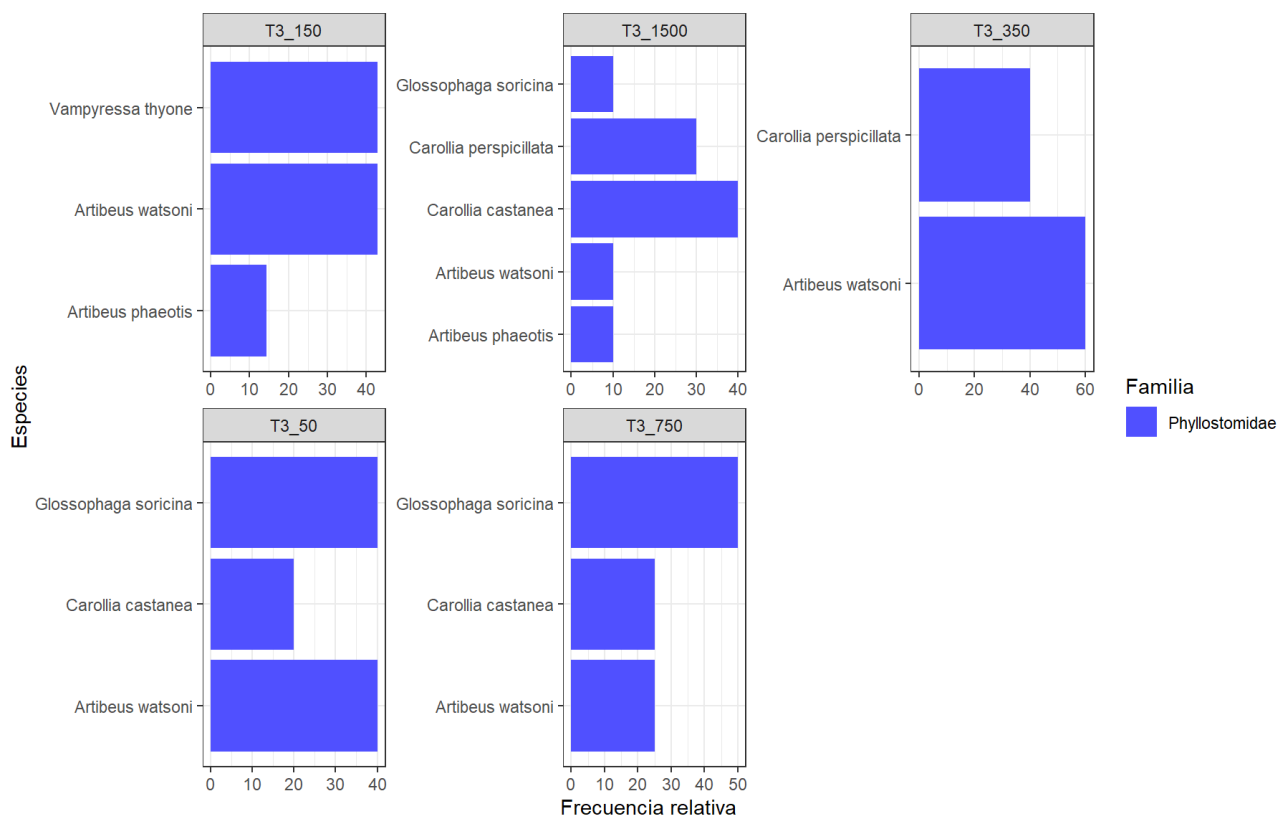


Figura 28. Gráfica de frecuencias relativas de especies de murciélagos presentes en el gradiente T3 desagregadas por familia.

Gradiente T4

Estado del gradiente

El gradiente T4 no presenta cambios en la cobertura boscosa dentro ni alrededor de los transectos de estudio. El análisis de imágenes satelitales disponibles indica que además se han recuperado algunos parches de bosque, aparentemente utilizados como “trabajaderos” antes del 2006, que para el 2017 ya aprecian con la restitución de la cobertura forestal. Por estas razones el gradiente T4 es candidato a ser utilizado como sitio de referencia cuando corresponda hacer el análisis comparativo del estado de la diversidad biológica entre los gradientes.

Para la fecha de este reporte no se han completado los muestreos de flora, mamíferos terrestres ni voladores para este gradiente, por lo que la información que aquí se presenta es parcial para el grupo de mamíferos.

Comparación del estado de la cobertura vegetal y avance de la frontera agropecuaria alrededor del gradiente de muestreo T4



Figura 29. Mapa del gradiente T4 mostrando el cambio en la cobertura vegetal ocurrido entre 2006 y 2017.

Anfibios

El transecto T4_50 presento la mayor riqueza de especies de anfibios ($S = 18$), sin embargo, no hubo mucha diferencia respecto a T4_350 y T4_750 en las que se documentaron 17 y 16 especies respectivamente. El transecto con menor riqueza fue T4_1500 con 9 especies. El índice de Shannon mantuvo un rango medio bajo con valores entre 1.86 a 2.56 bits.

Índices	T4_50	T4_150	T4_350	T4_750	T4_1500
<i>Taxa_S</i>	18	14	17	16	9
<i>Individuals</i>	51	46	69	57	58
<i>Dominance_D</i>	0.09	0.12	0.11	0.12	0.18
<i>Simpson_1-D</i>	0.90	0.87	0.88	0.87	0.82
<i>Shannon_H</i>	2.56	2.34	2.44	2.34	1.86
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.72	0.74	0.67	0.65	0.72
<i>Brillouin</i>	2.15	1.97	2.12	2.00	1.66
<i>Menhinick</i>	2.52	2.06	2.04	2.11	1.18
<i>Margalef</i>	4.32	3.39	3.77	3.71	1.97
<i>Equitability_J</i>	0.88	0.88	0.86	0.84	0.85
<i>Fisher_alpha</i>	9.91	6.85	7.20	7.39	2.98
<i>Berger-Parker</i>	0.15	0.26	0.24	0.26	0.259
<i>Chao-1</i>	30	14.43	18	30	9.33

Tabla 13. Principales índices de diversidad alfa para anfibios de los transectos del gradiente T4.

de la curva de rarefacción de la muestra indica que estuvo entre 0.82 y 0.96, con el valor más bajo en T4_50. Los transectos T4_350, T4_750 alcanzaron la asíntota por lo que existe un 95% de probabilidad que la muestra represente la diversidad real de anfibios presentes en estos transectos, aun así el estimador de riqueza Chao 1 sugiere que la diversidad de anfibios en T4_50 podría ser el doble de la reportada.

Se observa además que la estimación de la riqueza para T4_1500 es relativamente baja cuando se le compara con los demás transectos.

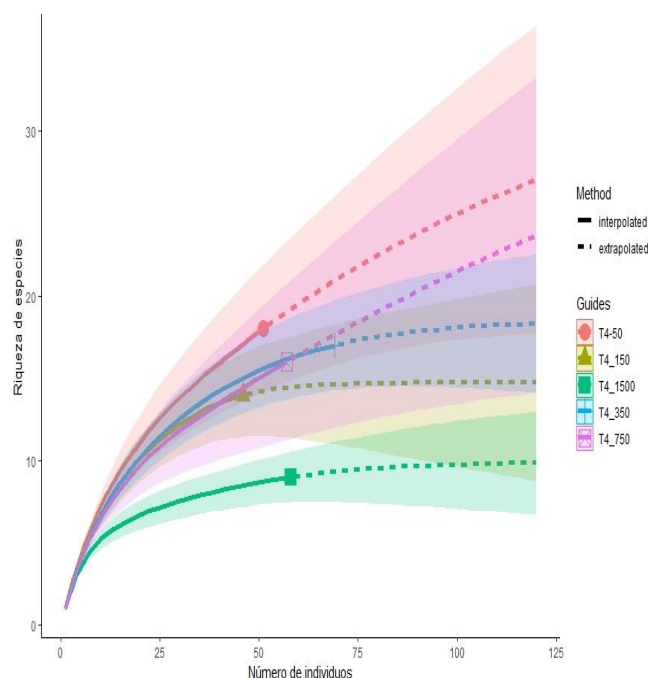


Figura 30. Curva de rarefacción de riqueza de anfibios para los transectos del T4.

El análisis de las frecuencias relativas de anfibios en el gradiente T4 muestra que las especies representantes de la familia Eleutherodactylidae fueron dominantes en todos los transectos. Por ejemplo, *Diasporus* cf. *vocator* resultó ser la especie más frecuente en T4_150 y T4_350, *Diasporus quidditus* fue la especie reportada con mayor frecuencia en T4_1500 y T4_750. Por otra parte, aunque *Teratohyla spinosa* (Centronelidae) fue la especie más frecuente en T4_50, las segundas especies más frecuentes en este transecto fueron *Diasporus quidditus* y *Diasporus* cf. *vocator*, en conjunto estas dos especies duplicaron la frecuencia relativa de *T. spinosa*.

El género *Diasporus* comprende ranas que habitan área de bosque secundario y bosque maduro y están en un rango de vulnerabilidad ambiental medio. La segunda familia más abundante fue Craugastoridae, de las cuales las especies *Craugastor polyptychus* y *Craugastor evanescens* presentan altos índices de vulnerabilidad ambiental, de ellas, *Craugastor evanescens* es una especie considerada críticamente amenazada en Panamá y es una de las especies de interés del proyecto mina de Cobre Panamá. *C. evanescens* solo fue reportada en el transecto T4_50 durante este muestreo.

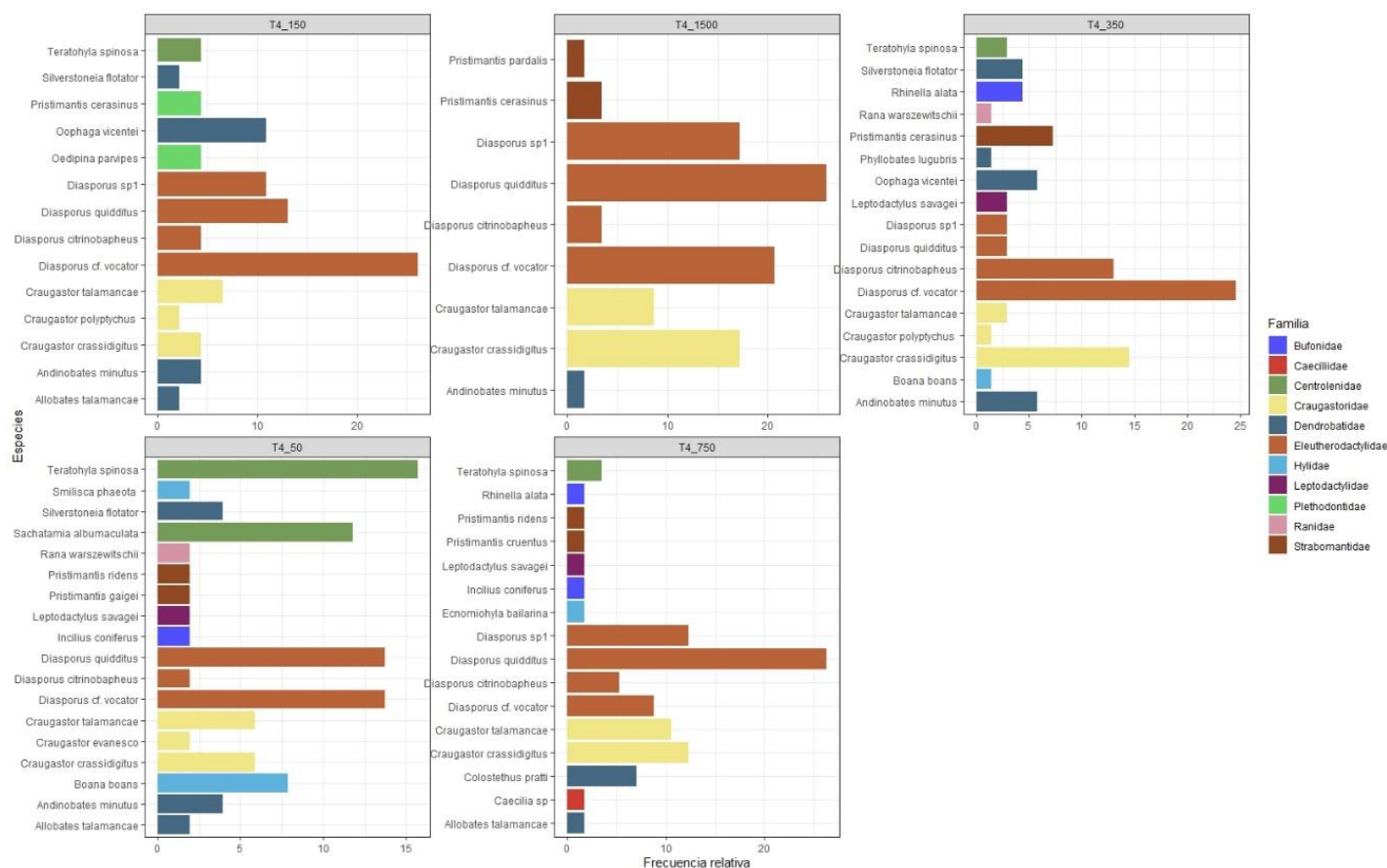


Figura 32. Gráfica de frecuencias relativas de especies de anfibios presentes en el gradiente T4 desagregadas por familia

Reptiles

Los reptiles en el gradiente T4 estuvieron representados por 16 especies distribuidas en 34 observaciones (Tabla 10). Siendo la especie más frecuente *Anolis humilis* (n=9) seguida de *Anolis limifrons* (n= 8), el resto de las especies estuvieron representadas por uno o dos individuos. (Figura 24)

El transecto T2_50 registro 5 especies, de las cuales cuatro corresponden a lagartijas del género *Anolis* (Dactyloidae) y un espécimen de *Lepidoblepharis xanthostigma* (Sphaerodactyllidae). El transecto T4_150 también registro 5 especies, siendo la especie *Anolis humilis* la de mayor frecuencia relativa.

El transecto T4_350 presentó la mayor cantidad de especies (S=7) con el mayor índice de diversidad de Shannon H' del gradiente (H'=1.90), de estas siete especies, cuatro corresponden al género *Anolis*. En este transecto también se registra por única vez durante el muestreo la especie *Pliocercus euryzonus* (Colubridae).

Respecto al transecto T4_750 reporta un total de 6 especies, de las cuales dos pertenecen al género *Anolis*, de ellas *Anolis humilis* es la de mayor frecuencia relativa. En este transecto se registra el único individuo de *Sibon lamari* (Colubridae), *S. lamari* es una culebra nocturna que predominantemente se alimenta de gasterópodos¹⁵ y ha sido catalogada como especie amenazada (EN) en la lista roja de UICN y en la lista de especies amenazadas de Panamá¹⁶.

Indices	T4_50	T4_150	T4_350	T4_750	T4_1500
Taxa_S	5	5	7	6	3
Individuals	8	7	8	7	4
Dominance_D	0.3125	0.2653	0.1563	0.1837	0.375
Simpson_1-D	0.6875	0.7347	0.8438	0.8163	0.625
Shannon_H	1.386	1.475	1.906	1.748	1.04
Evenness_e^H/S	0.8	0.8743	0.961	0.9571	0.9428
Brillouin	0.9283	0.9619	1.239	1.119	0.6212
Menhinick	1.768	1.89	2.475	2.268	1.5
Margalef	1.924	2.056	2.885	2.569	1.443
Equitability_J	0.8614	0.9165	0.9796	0.9755	0.9464
Fisher_alpha	5.705	7.824	26.78	19.95	5.453
Berger-Parker	0.5	0.4286	0.25	0.2857	0.5
Chao-1	11	11	14.5	11	3.5

Tabla 14. Principales índices de diversidad alfa de los transectos del gradiente T4 para el componente de reptiles.

¹⁵ Köhler, G. (2008). Reptiles of central America

¹⁶ Resolución DM-0657 de 16 de diciembre de 2016. Por la cual se establece el proceso para la elaboración y revisión periódica del listado de especies de fauna y flora de Panamá, y se dictan otras disposiciones. Gaceta Oficial N° 28187a

El transecto T4_1500 presentó la menor riqueza de reptiles de todo el muestreo (incluyendo los gradientes T2 y T3) con una diversidad de tres especies distribuidas en cuatro individuos, de los cuales dos correspondieron a *Anolis humilis*.

Los índices de vulnerabilidad ambiental para la mayoría de las especies de reptiles documentados en T4 fueron bajos y medios, con la excepción de *Sibon lamari*, para la cual se ha determinado un índice de vulnerabilidad ambiental de 13.

La baja abundancia y riqueza de reptiles del T4 y en general del muestreo, puede explicarse por el efecto de las lluvias que fueron prácticamente continuas durante el periodo de muestreo.

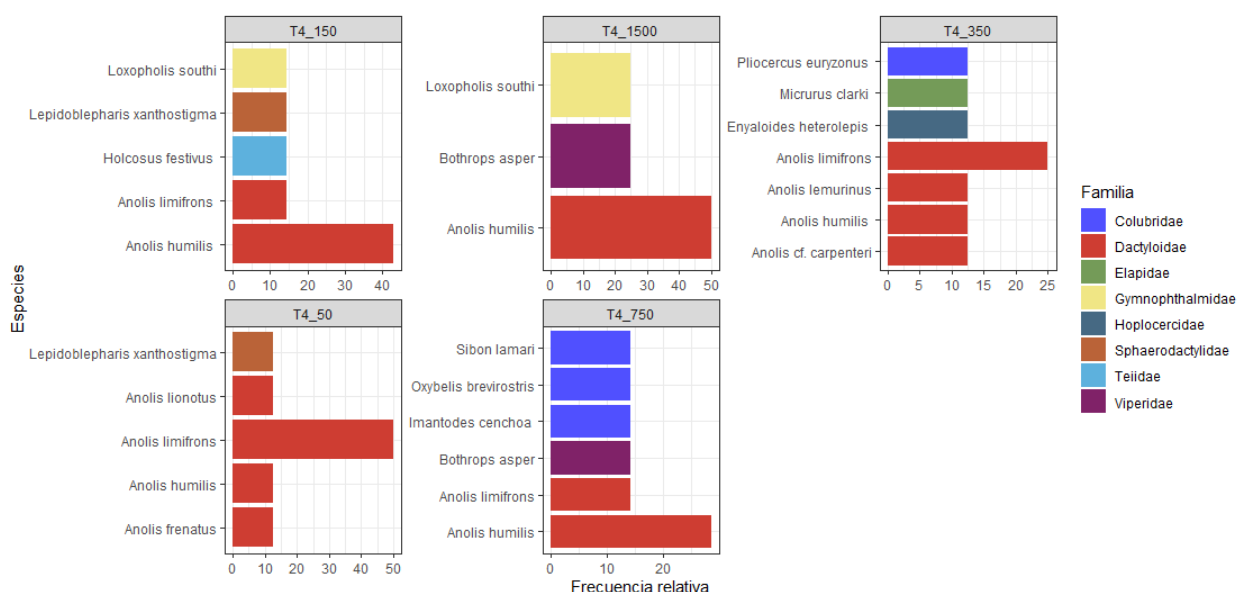


Figura 32. Gráfica de frecuencias relativas de especies de reptiles presentes en el gradiente T4 desagregadas por familia



Figura 33. Algunos herpetos registrados durante el muestreo del gradiente T4 :
(1) *Sibon lamari*, **(2)** *Ptyocercus euryzonus*,
(3) *Enyaloides heterolepis* **(4)** *Craugastor talamancae*, **(5)** *Phyllobates lugubris*.

Aves

Los índices de diversidad biológica de aves del gradiente T4 están entre los más altos del muestreo. En conjunto se reportaron 906 individuos pertenecientes a 105 especies.

La mayor riqueza de especies se documentó en el transecto T4_50 con 62 especies distribuidas en 215 observaciones, para un índice de Shannon $H' = 3.72$ bits y una cobertura de muestra de 0.76 según la curva de rarefacción, pero sin alcanzar la asíntota, por lo que se espera que la diversidad real de aves sea superior a la aquí reportada. Para el transecto T4_50 el estimador de riqueza Chao 1 indica que la riqueza espera para este transecto sea de 70 especies.

El siguiente transecto por número de especies fue T4_750 con 61 especies en 179 observaciones, para un índice de Shannon de 3.80 bits, el más alto de todos los sitios muestreados, según la curva de rarefacción de la muestra se alcanzó una cobertura de la muestra de 0.74 con una estimación de riqueza real de 76 especies según Chao 1.

El transecto T4_150 presentó una riqueza de especies de 57 especies en 184 individuos observados, para un índice de Shannon de 3.73 bits y riqueza esperada de 80. Los transectos con mejor riqueza de aves fueron T4_350 y T4_1500 con 49 especies distribuidas en 149 y 176 observaciones respectivamente.

La cobertura de la muestra se mantuvo en un rango de 0.74 a 0.80, sin alcanzar la asíntota en ninguno de los transectos.

<i>Índices</i>	<i>T4_50</i>	<i>T4_150</i>	<i>T4_350</i>	<i>T4_750</i>	<i>T4_1500</i>
<i>Taxa_S</i>	62	57	49	61	49
<i>Individuals</i>	215	184	149	179	176
<i>Dominance_D</i>	0.03	0.03	0.08	0.03	0.04
<i>Simpson_1-D</i>	0.97	0.97	0.92	0.97	0.96
<i>Shannon_H</i>	3.72	3.73	3.32	3.80	3.54
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.67	0.73	0.56	0.73	0.70
<i>Brillouin</i>	3.34	3.32	2.90	3.35	3.17
<i>Menhinick</i>	4.23	4.20	4.01	4.56	3.69
<i>Margalef</i>	11.36	10.74	9.59	11.57	9.28
<i>Equitability_J</i>	0.90	0.92	0.85	0.92	0.91
<i>Fisher_alpha</i>	29.19	28.28	25.46	32.62	22.51
<i>Berger-Parker</i>	0.08	0.09	0.25	0.09	0.09
<i>Chao-1</i>	70.14	80.10	60.40	76.40	66.10

Tabla 15. Principales índices de diversidad alfa de los transectos del gradiente T4 para el componente de aves.

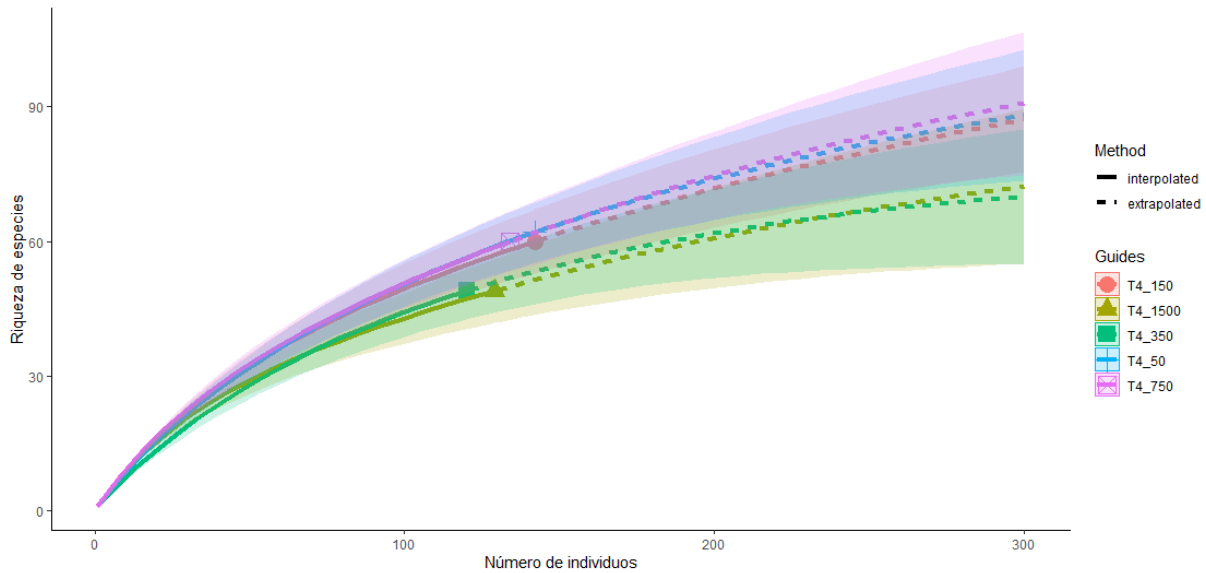


Figura 34.. Curva de rarefacción de riqueza de aves para los transectos del T4.

Las especies con mayor frecuencia en los transectos del gradiente T4 fueron en orden de abundancia fueron la tangara crestinaranja (*Tachyphonus delatrii*) muy frecuente en T4_50, T4_150 y T4_350, pero medianamente frecuente en T4_750 y ausente en T4_1500. Seguida del loro verde (*Amazona farinosa*) muy frecuente en T4_750 y T4_1500 y medianamente frecuente en el resto de los transectos. La tercera especie más abundante fue el lorito encapuchado (*Pyrrhula haematotis*) frecuente en T4_150, T4_750, T4_1500 y medianamente frecuente en T4_350 y T4_50 .

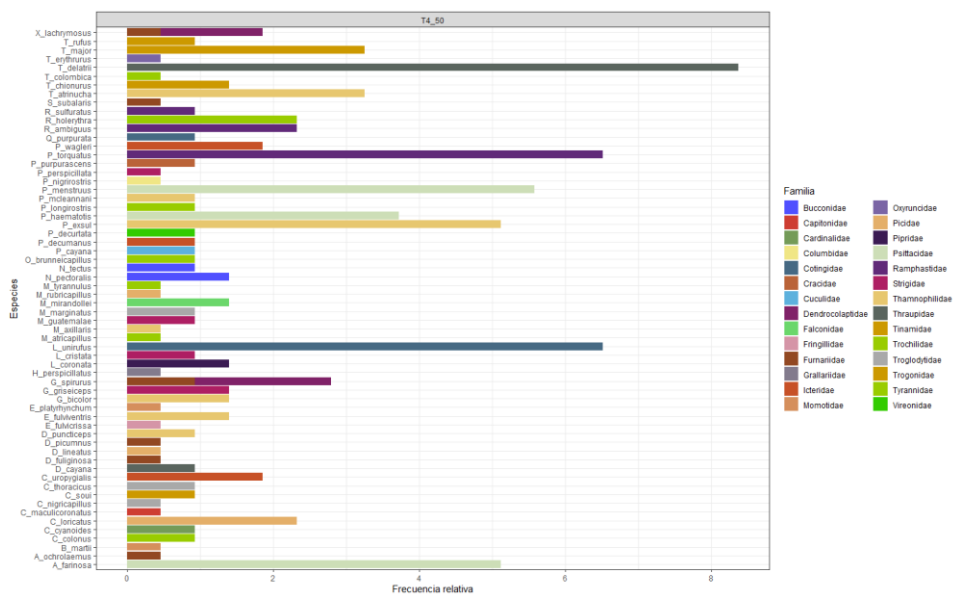


Figura 35. Gráfica de frecuencias relativas de especies de aves presentes en el gradiente T4_50 desagregadas por familia.

En el transecto T4_50 después de la tangara crestinaranja (Figura 27) siguieron en orden de mayor a menor frecuencia las especies minero castaño (*Lipaugus unirufus*), pichilingo o tucancillo (*Pteroglossus torquatus*) y el loro cazanga (*Pionus menstrus*).

Para el transecto T4_150 después de las especies más frecuentes, se reportaron frecuencias relativas medias del cacique rabirrojo (*Cacicus uropygialis*) el colibrí ermitaño enano (*Phaethornis striigularis*) y los tucanes *Ramphastos sulfuratus* y *Ramphastos ambiguus* entre las especies más observadas.

En el transecto T4_350, prácticamente no ocurren especies con frecuencias medias, siendo el loro verde (*Amazona farinosa*) con 8 observaciones la segunda especie más abundante. El resto de las aves presento frecuencias relativas bajas correspondientes a pocos individuos por especie.

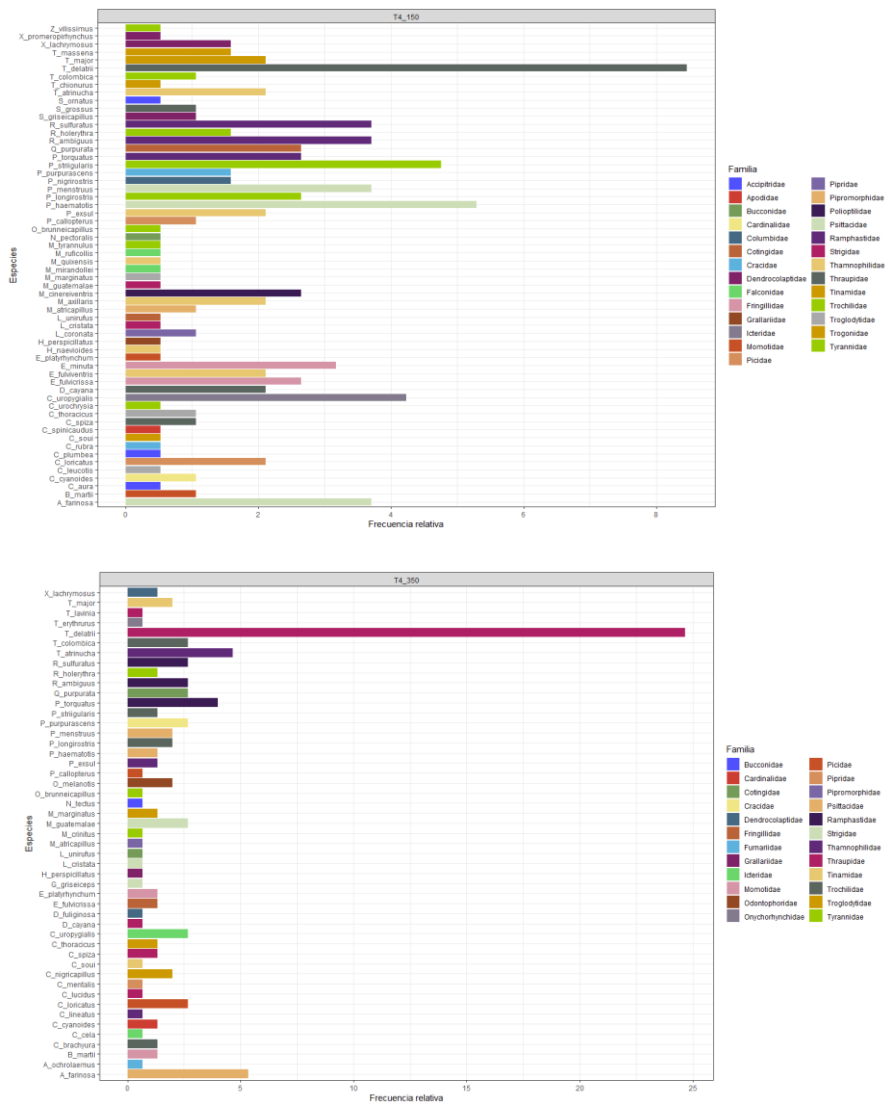
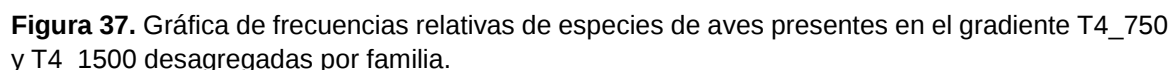
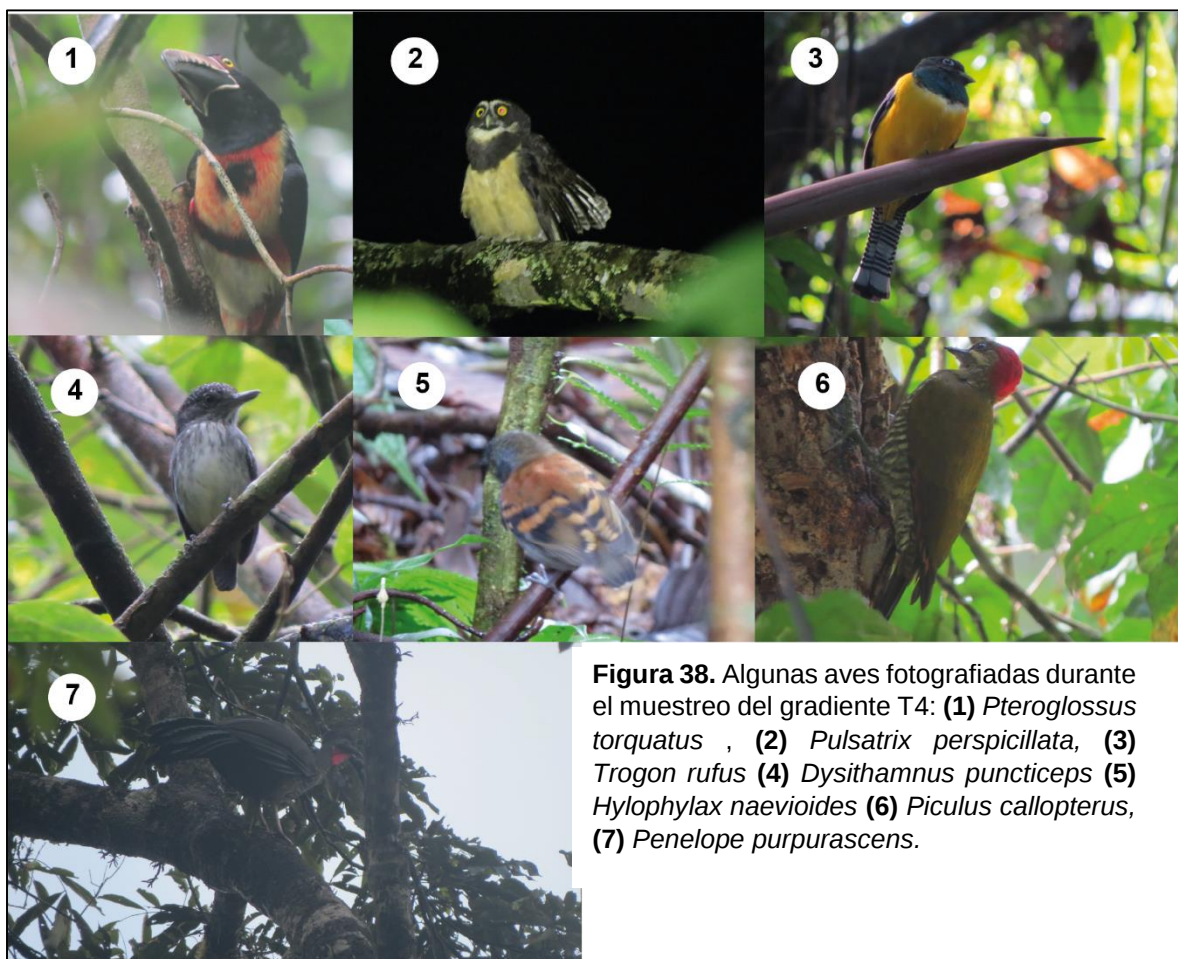


Figura 36. Gráfica de frecuencias relativas de especies de aves presentes en el gradiente T4_150 y T4_350 desagregadas por familia.

Otras especies con frecuencias medias registradas en estos transectos fueron los tucanes *Pteroglossus torquatus* , *Ramphastos sulfuratus* y *Ramphastos ambiguus*.





Mamíferos terrestres

Al igual que los transectos anteriores, la riqueza y abundancia de mamíferos terrestres y arborícolas fue relativamente baja. En el gradiente T4 los mamíferos estuvieron representados por ocho especies distribuidas en 22 registros de huellas, capturas u observaciones.

El transecto con mayor diversidad medida mediante el índice de Shannon H' fue T4_50 con 1.39 bits, seguido de T4_150 con H' = 1.10 bits, ambos valores considerados como bajos.

Indice	T4_50	T4_150	T4_350	T4_750	T4_1500
Taxa_S	4	3	4	1	3
Individuals	4	3	9	1	5
Dominance_D	0.25	0.33	0.38	1.00	0.44
Simpson_1-D	0.75	0.67	0.62	0.00	0.56
Shannon_H	1.39	1.10	1.15	0.00	0.95
Evenness_e^H/S	1.00	1.00	0.79	1.00	0.86
Brillouin	0.79	0.60	0.81	0.00	0.60
Menhinick	2.00	1.73	1.33	1.00	1.34
Margalef	2.16	1.82	1.37	0.00	1.24
Equitability_J	1.00	1.00	0.83		0.87
Fisher_alpha	0.00	0.00	2.76	0.00	3.17
Berger-Parker	0.25	0.33	0.56	1.00	0.60
Chao-1	10	6	4.5	1	4

Tabla 16. Principales índices de diversidad alfa para mamíferos de los transectos del gradiente T4

Las especies más comunes en el gradiente T4 fueron la rata acorzada (*Hopomys gymnurus*) y la marmosa de Panamá (*Marmosa isthmica*). La rata acorzada es una especie más frecuente en bosque primario que en bosque secundario ¹⁷. Habita en los bosques húmedos tropicales desde el norte de Honduras hasta el noreste de Ecuador. Vive asociada a troncos caídos, matorrales, rocas y asociado a arroyos y cuerpos de agua ¹⁸.

¹⁷ Alberico, M. y González, M. A. 1993. Relaciones competitivas entre *Proechimys semispinosus* y *Hopomys gymnurus* (Rodentia: Echimyidae) en el occidente Colombiano. *Caldasia* 17(2): 325-332.

¹⁸ Emmons, L. H. y Feer, F. 1999. Mamíferos de los bosques húmedos de América Tropical, una guía de campo. 1era edición en español. 1era edición en español. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra.

La marmosa de Panamá habita desde el occidente del istmo hasta Ecuador. Es nocturna, arborícola, aunque a menudo desciende hasta el suelo, solitaria y nómada. Se alimenta de invertebrados (como hormigas, mariposas) y frutos¹⁹.

En general los pequeños roedores y marsupiales fueron dominantes en este gradiente. No obstante, también se reporta la presencia de las especies EdI *Leopardus pardalis* en T4_350, *Mazama temama*, *Cuniculus paca* y *Tapirus bairdii* en T4_50, y *Cuniculus paca* en T4_1500, de manera que el gradiente T4 mantiene ejemplares de 4 de las 10 especies de mamíferos EdI de Cobre Panamá.

La curva de rarefacción no alcanzó la asíntota en ninguno de los transectos, alcanzado la mayor cobertura de muestra en T4_350 con 0.80, por lo que la diversidad de mamíferos se espera que sea superior a la reportada.

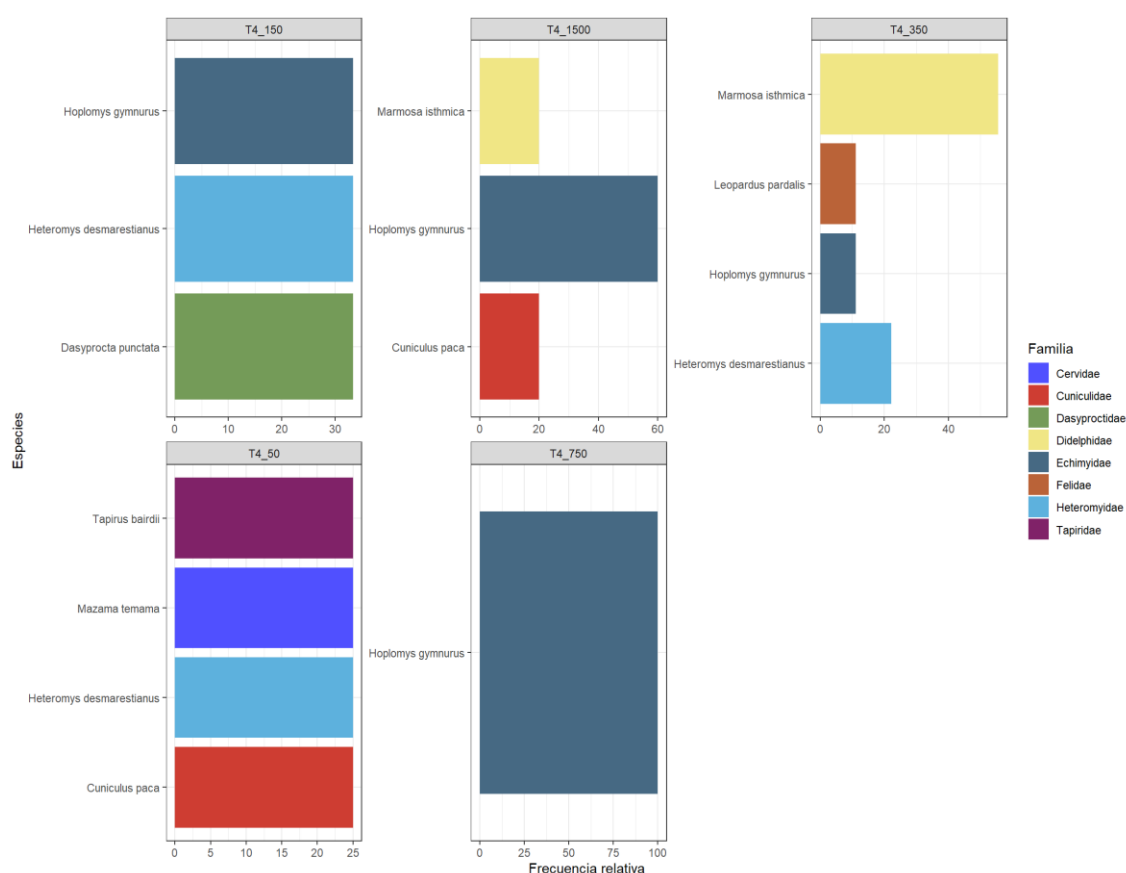


Figura 39. Gráfica de frecuencias relativas de especies de mamíferos presentes en el gradiente T4 desagregadas por familia.

¹⁹ Astúa, D. 2015. Family Didelphidae (Oppossums). Pp: 70-186. En: Wilson, D. E. y Mittermeier, R. A. (eds). 2015. Handbook of the Mammals of the World. Volumen 5. Monotremes and Marsupials. Lynx Edicions, Barcelona.

Murciélagos

El gradiente T4 registro los valores más altos de diversidad de quirópteros hasta la fecha de este reporte. El grupo estuvo representado por 13 especies en 51 individuos e índices de diversidad similares o que se aproximan a los valores reportados de diversidad de murciélagos de Donoso.

El valor más alto del índice de Shannon H' se registró en T4_350 (H'= 1.92) valor que es similar al reportado por Araúz (2017) ²⁰ para el Donoso. Este transecto registro 19 individuos y 8 especies, siendo hasta el momento la mayor riqueza de murciélagos reportada para un transecto de este monitoreo. No obstante, estos valores el transecto T4_750 solo registro una sola especie.

Los datos de captura para el T4_50 indican que se colectaron 7 especies en 15 individuos, sin embargo, el estimador Chao-2 sugiere que la riqueza esperada en este sitio es de 13 especies.

Indices	T4_50	T4_150	T4_350	T4_750	T4_1500
Taxa_S	7	6	8	1	3
Individuals	15	12	19	1	4
Dominance_D	0.21	0.21	0.16	1.00	0.38
Simpson_1-D	0.79	0.79	0.84	0.00	0.63
Shannon_H	1.73	1.66	1.92	0.00	1.04
Evenness_e^H/S	0.81	0.88	0.86	1.00	0.94
Brillouin	1.30	1.22	1.50	0.00	0.62
Menhinick	1.81	1.73	1.84	1.00	1.50
Margalef	2.22	2.01	2.38	0.00	1.44
Equitability_J	0.89	0.93	0.92		0.95
Fisher_alpha	5.11	4.78	5.21	0.00	5.45
Berger-Parker	0.33	0.25	0.21	1.00	0.50
Chao-2	13	9	9	1	3.5

Tabla 12. Principales índices de diversidad alfa para murciélagos de los transectos del gradiente T4

La especie de murciélago más común fue *Carollia castanea* (n=13) representado el 25% de las colectas en este gradiente, seguida de *Artibeus watsoni* (n=9) representando el 18% de las capturas.

Ambas especies son de amplia distribución y relativamente frecuentes en zonas boscosas abiertas.

²⁰ Araúz G., J. (2017). Riqueza y abundancia de las especies de murciélagos de donoso, provincia de colón, panamá. *Tecnociencia*, 19(2), 47-65. Recuperado a partir de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/120>

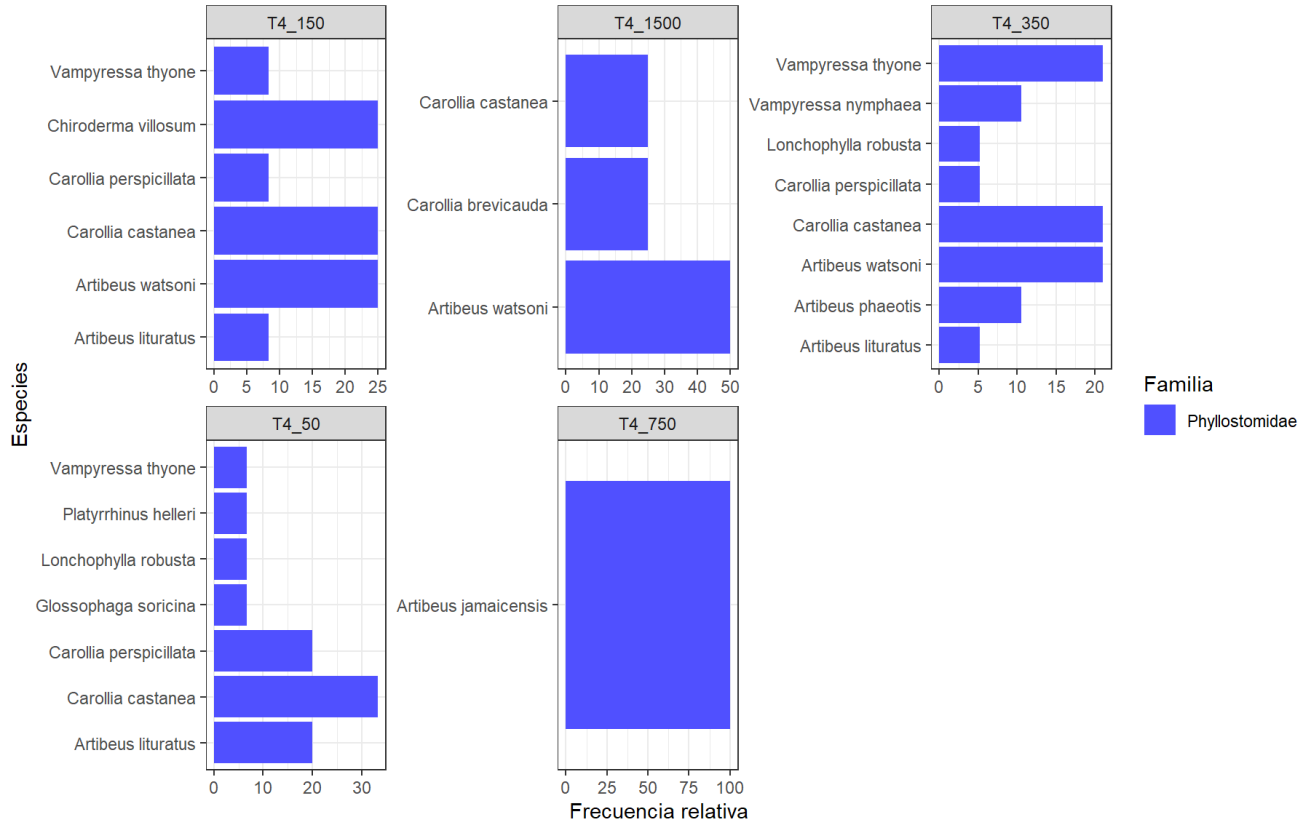


Figura 40. Gráfica de frecuencias relativas de especies de murciélagos presentes en el gradiente T4 desagregadas por familia.

La completitud o cobertura de la muestra se mantuvo en un rango entre 0.63 a 0.77 con excepción del transecto T4_750 para el cual se obtuvo un solo registro. Aunque no se alcanzó la asíntota, la cobertura fue similar en todos los sitios, lo que sugiere una buena representación de la diversidad del grupo a escala de gradiente.

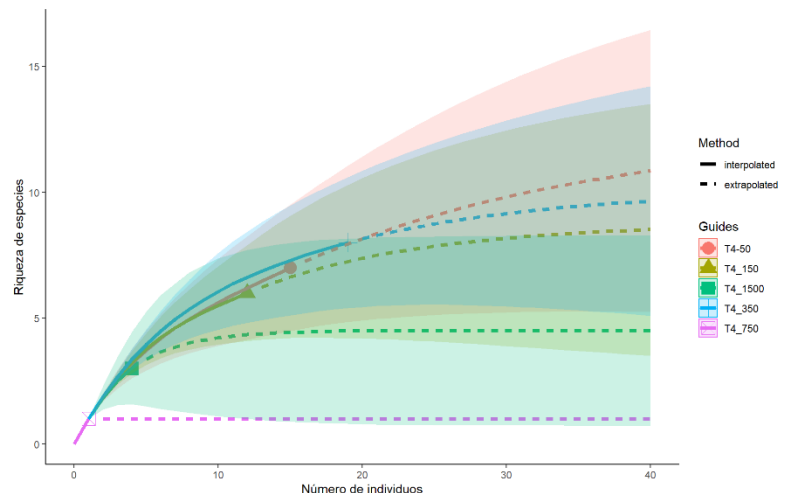


Figura 41.. Curva de rarefacción de riqueza de murciélagos para los transectos del T4.

Gradiente T6

Estado del gradiente

El gradiente T6 presenta alteraciones respecto al estado inicial de la cobertura boscosa existente durante el establecimiento de los primeros transectos en el año 2014. El cambio más notable se registra sobre el gradiente ubicado a los 350 metros donde se han habilitado zonas de trabajo y algunas viviendas. No obstante, esta afectación no es la única, puesto que se identificaron en campo varios trabajaderos ubicados en la periferia del gradiente, por lo que es posible que los resultados de diversidad biológica de algunos grupos se hayan visto afectados por la fragmentación del bosque y creación de zonas de borde.

Precisamente el efecto de borde, pero con respecto a la mina, es lo que se pretende medir con este monitoreo, sin embargo, los transectos presentan bordes irregulares generados por otras actividades, lo que sin duda tiene incidencia en el ensamble de comunidades de organismos sensibles a alteración de la cobertura boscosa.

Comparación del estado de la cobertura vegetal y avance de la frontera agropecuaria alrededor del gradiente de muestreo T6

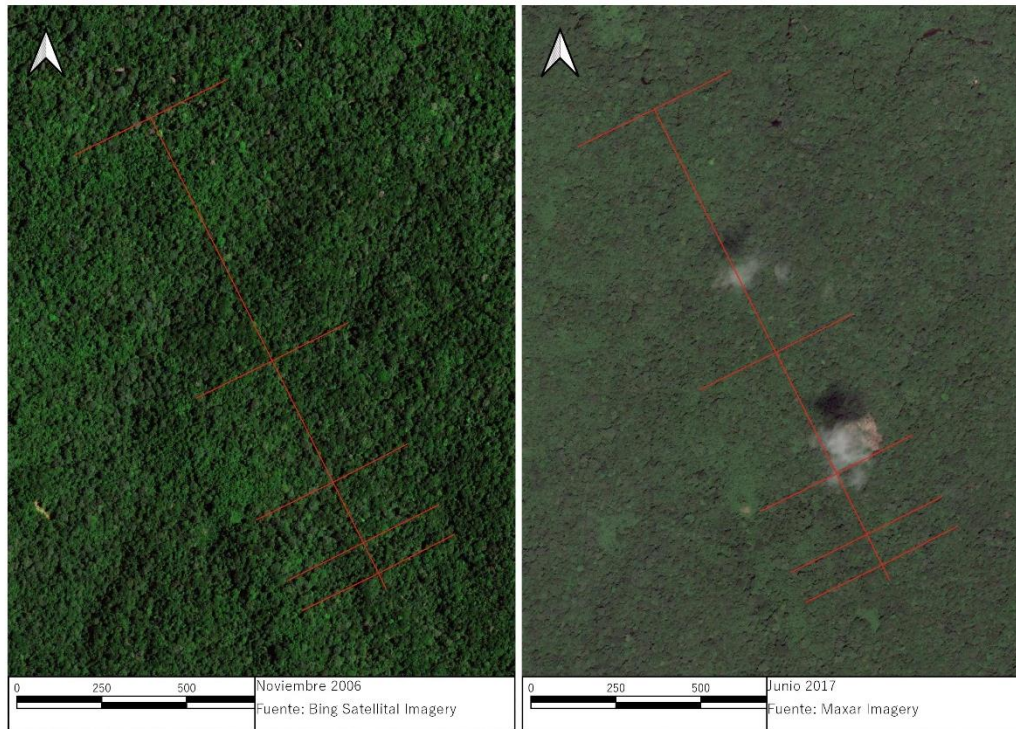


Figura 42. Mapa del gradiente T6 mostrando el cambio en el uso de suelo ocurrido entre 2006 y 2017.

Anfibios

La mayor diversidad de anfibios dentro del gradiente T6 se reportó en los transectos ubicados a los 350 y 1500 metros con 18 y 19 especies respectivamente. La abundancia de anfibios fue registrada a los 1500 (T6_1500) con 67 individuos. El índice de Shannon

Indices	T6_50	T6_150	T6_350	T6_750	T6_1500
<i>Taxa_S</i>	6	9	18	16	19
<i>Individuals</i>	16	18	49	31	67
<i>Dominance_D</i>	0.2422	0.1543	0.112	0.09677	0.07864
<i>Simpson_1-D</i>	0.7578	0.8457	0.888	0.9032	0.9214
<i>Shannon_H</i>	1.561	2.014	2.516	2.54	2.725
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.7937	0.8327	0.6877	0.7926	0.8031
<i>Brillouin</i>	1.207	1.531	2.097	2.005	2.353
<i>Menhinick</i>	1.5	2.121	2.571	2.874	2.321
<i>Margalef</i>	1.803	2.768	4.368	4.368	4.281
<i>Equitability_J</i>	0.871	0.9167	0.8705	0.9162	0.9255
<i>Fisher_alpha</i>	3.487	7.163	10.27	13.29	8.84
<i>Berger-Parker</i>	0.3125	0.2222	0.2449	0.1613	0.1493
<i>Chao-1</i>	9	14	27	31	19.43

Tabla 13. Principales índices de diversidad alfa para anfibios de los transectos del gradiente T6

Las curvas de rarefacción para cada transecto del T6 indica que se alcanzó la asíntota en los transectos T6_1500 con una cobertura de la muestra de 0.95 en tanto que la completitud del muestreo se mantuvo en un rango de 0.68 a 0.82 para el resto de los transectos.

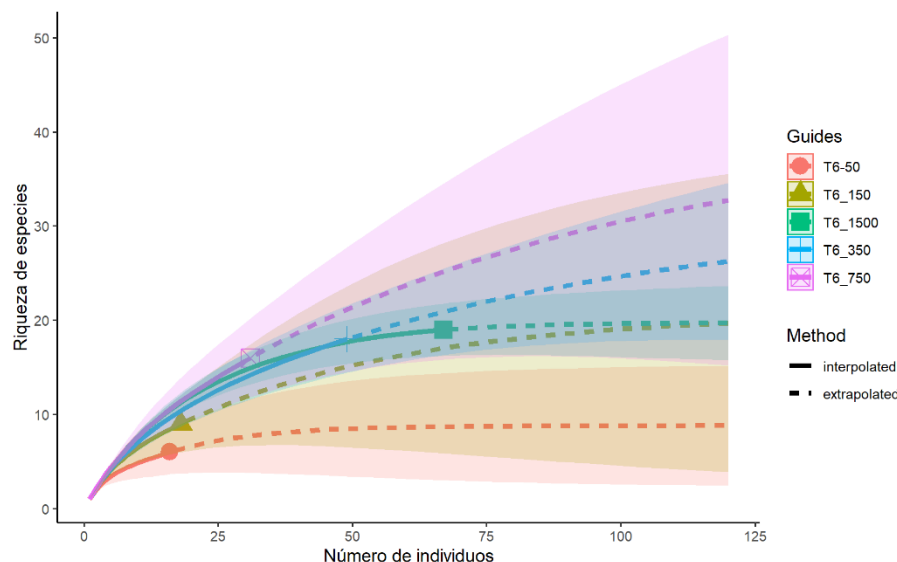


Figura 43. Curvas de rarefacción (Hill=0) de la riqueza de anfibios para los transectos del T6

El gráfico de frecuencias relativas de anfibios del gradiente T6 indica que en el transecto de 1500 metros se registra la mayor diversidad de familias de anfibios con 7 familias. Las especies observadas con mayor frecuencia fueron *Craugastor talamancae* y *Teratohyla spinosa*. El transecto T6_350 estuvo dominado por la especie *Teratohyla spinosa*, esta especie es nocturna y está asociada a quebradas y cursos de agua de primer orden, *T. spinosa* también fue frecuente en T6_150 junto a *Oophaga vicentei* y *Diasporus vocator*.

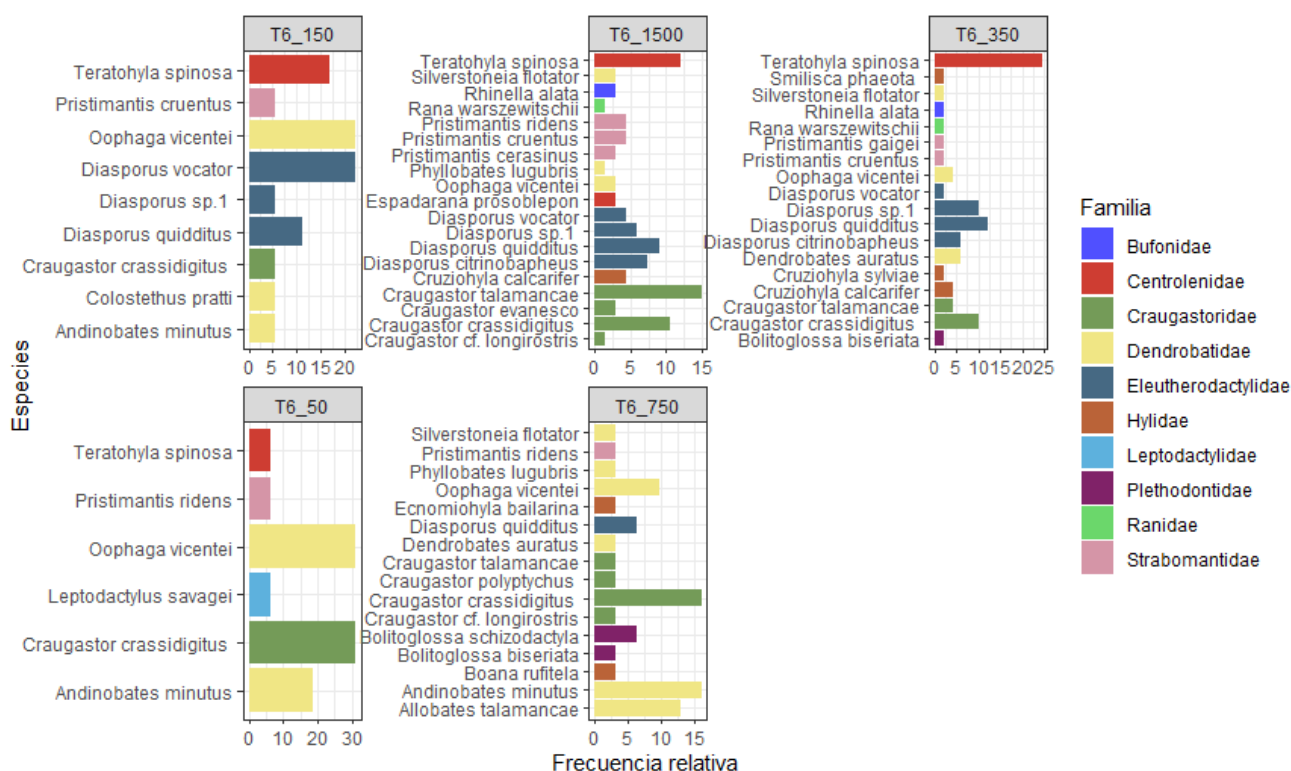


Figura 44. Gráfica de frecuencias relativas de especies de anfibios presentes en el gradiente T6 desagregadas por familia.

Un reporte relevante es la observación de *Craugastor evanesco* en el transecto T6_1500, esta especie es endémica de la cuenca Atlántica de la que forma parte la región del Donoso, fue descrita en el año 2010 y es muy susceptible a la infección del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* con alta probabilidad de desaparecer en vida silvestre, razón por la cual es objeto de estudio y conservación.

Un análisis incorporando el criterio del índice de vulnerabilidad ambiental (EVS)²¹, que otorga un índice de vulnerabilidad a las especies de anfibios en un rango de 3

²¹ Jaramillo, Cesar A., Wilson, Larry David, Ibáñez, Roberto and Jaramillo, Fidel E. 2010. The herpetofauna of Panama: Distribution and conservation status. In: Wilson, Larry D., Townsend,

a 17, en la siguiente escala de valoración: Vulnerabilidad baja (3 a 8); vulnerabilidad media (9 a 11) y vulnerabilidad alta (12 a 17), indica que las dos especies dominantes en T2_50 tiene un EVS bajo, esto es, que son poco vulnerables a la degradación ambiental y las especies dominantes, presentes en T2_150 y T2_350 tienen un EVS de vulnerabilidad media.

Reptiles

Los transectos con mayor diversidad de reptiles fueron los ubicados a 350 y 1500 metros con riqueza (S) de 20 y 17 especies respectivamente, estos valores son consecuentes con los índices clásicos de diversidad biológica, siendo el transecto ubicado a los 350 el que presenta un mayor índice de diversidad de Shannon igual a 2.60 bits y el transecto ubicado a 1500 metros 2.52 bits.

Las diferencias entre sitios es producto de la distribución heterogénea de los organismos en los transectos, condiciones climáticas al momento del muestreo y ciclos estaciones de lluvia, además de factores bióticos como la fenología de las especies que sirven de alimento a los reptiles, entre otras variables no identificadas.

Índices	T6_50	T6_150	T6_350	T6_750	T6_1500
<i>Taxa_S</i>	11	11	20	11	17
<i>Individuals</i>	29	36	38	17	37
<i>Dominance_D</i>	0.1439	0.2068	0.1191	0.1419	0.1103
<i>Simpson_1-D</i>	0.8561	0.7932	0.8809	0.8581	0.8897
<i>Shannon_H</i>	2.133	1.951	2.601	2.197	2.517
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.7676	0.6393	0.6741	0.8178	0.7288
<i>Brillouin</i>	1.723	1.611	2.064	1.608	2.026
<i>Menhinick</i>	2.043	1.833	3.244	2.668	2.795
<i>Margalef</i>	2.97	2.791	5.223	3.53	4.431
<i>Equitability_J</i>	0.8897	0.8134	0.8684	0.9161	0.8883
<i>Fisher_alpha</i>	6.46	5.401	17.08	13.49	12.18
<i>Berger-Parker</i>	0.2414	0.3889	0.2895	0.2941	0.2432
<i>Chao-1</i>	14.33	12.2	42.75	20.33	32

La grafica

Tabla 14. Principales índices de diversidad alfa para reptiles de los transectos del gradiente T6

Dactyloidae (Barras amarillas en la figura 45) correspondiente a un variado grupo de pequeñas lagartijas fueron el grupo dominante en casi todos los transectos del gradiente T6, dentro de este grupo *Anolis humilis* fue el reptil más frecuente en los transectos ubicados a los 150, 350, 750 y 1500 metros, este *Anolis* es una especie común, frecuente en el suelo del bosque (Jaramillo, comunicación personal)

Por otro lado, en el transecto ubicado a los 50 metros el reptil más frecuente fue *Anolis lionotus*, este es un reptil semiacuático asociado a arroyos y quebradas (Jaramillo com. Pers), de manera que se infiere que el transecto T6_50 transcurre por un curso de agua.

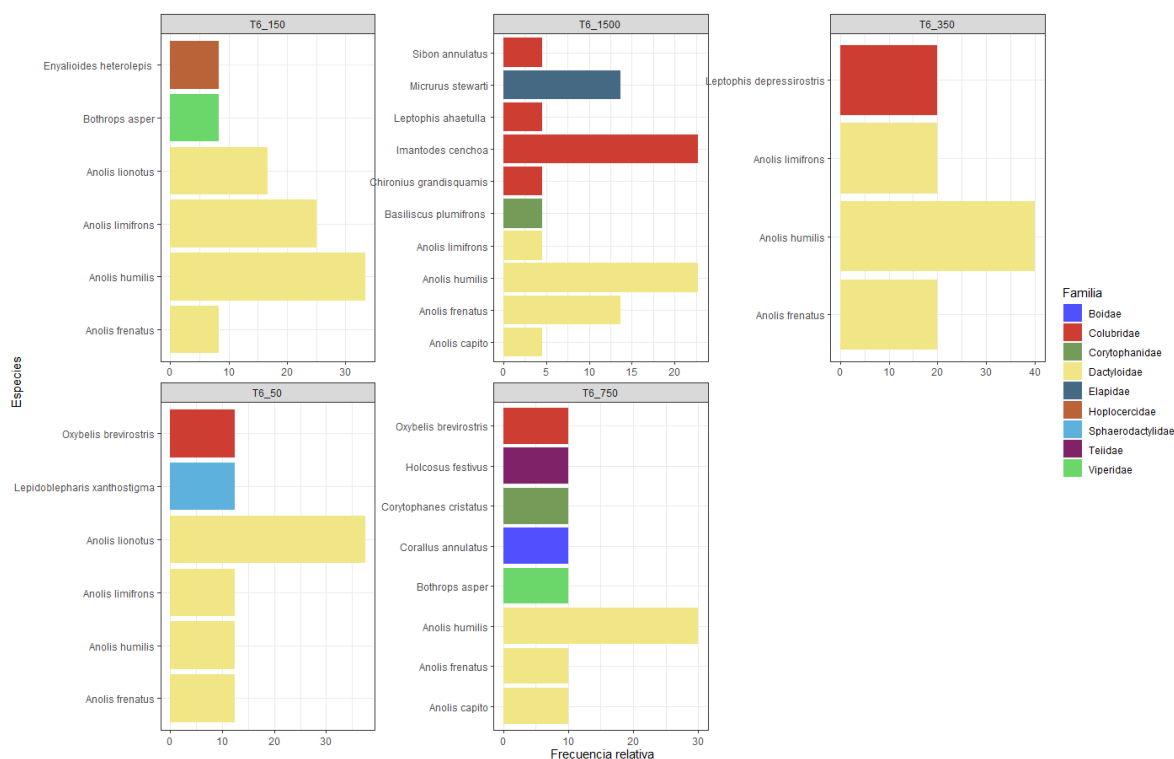


Figura 45. Gráfica de frecuencias relativas de especies de reptiles presentes en el gradiente T6 desagregadas por familia.

Otra especie frecuente fue la culebra *Imantodes cenchoa*, que resultó tan frecuente como *A. humilis* en el transecto de los 1500 metros. Estos datos de frecuencias relativas deben interpretarse con cautela, debido a que solo los transectos T6_150 y T6_1500 alcanzaron una completitud (Sample completedness) de 0.73 y 0.76 respectivamente y el resto de los transectos reporta valores entre 0.32 a 0.48 por lo que las abundancias relativas y riquezas real de las especies pueda ser diferente a la aquí reportada.

Estos valores bajos de completitud de muestreo se explican por las abundantes y frecuentes lluvias que prevalecieron durante las fechas de muestreo en estos sitios

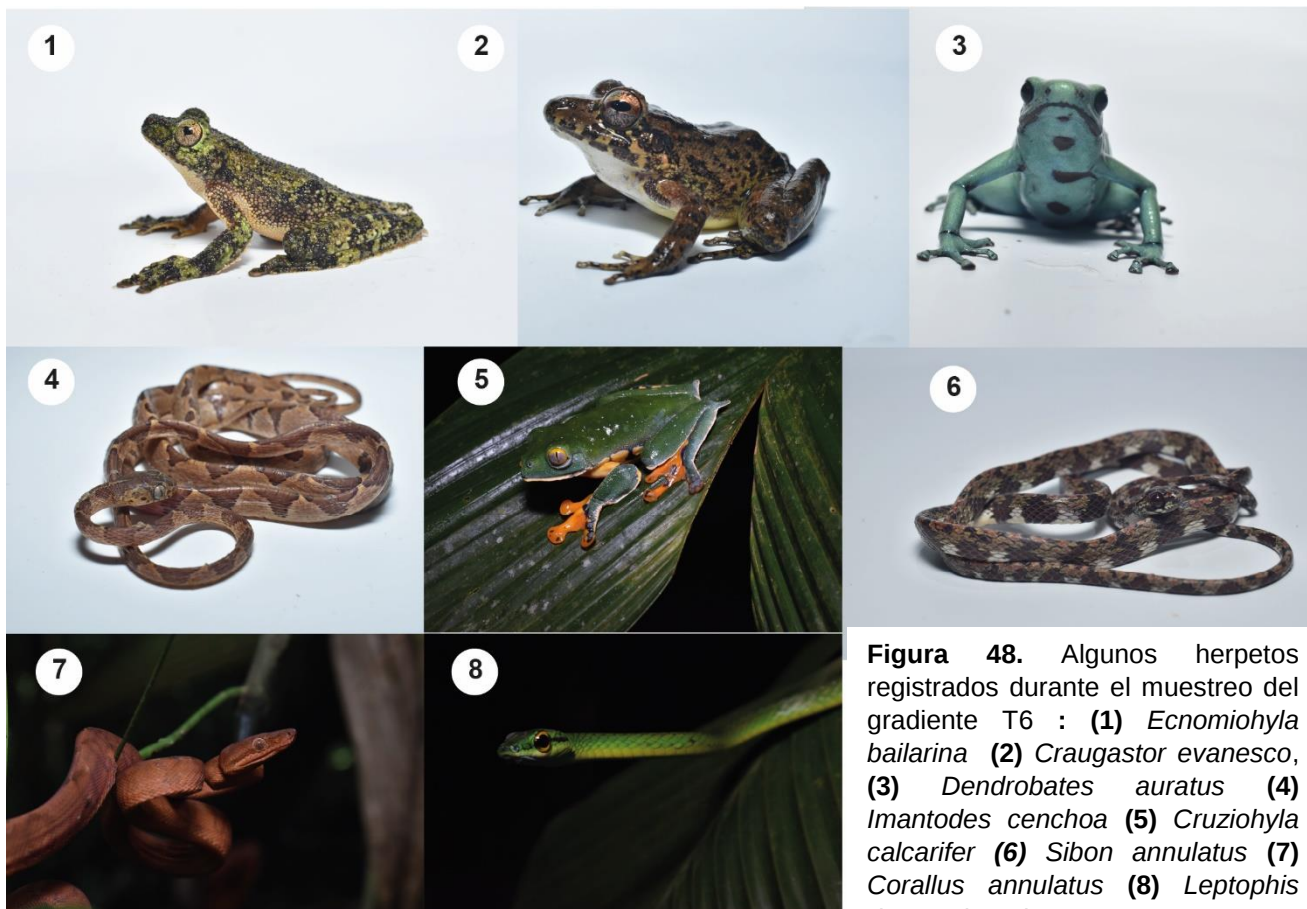


Figura 48. Algunos herpetos registrados durante el muestreo del gradiente T6 : (1) *Ecnomiohyla bailarina* (2) *Craugastor evanescens*, (3) *Dendrobates auratus* (4) *Imantodes cenchoa* (5) *Cruziohyla calcarifer* (6) *Sibon annulatus* (7) *Corallus annulatus* (8) *Leptophis depressirostris*.

Aves

Al igual que los resultados de gradientes anteriores, el grupo Aves es el que presenta mayor cantidad de registros con un total de 558 registros de 100 especies. El transecto T6_350 presentó la mayor riqueza ($S = 49$) y abundancia de aves ($n = 145$). En consecuencia con estos valores, este transecto obtuvo un valor alto para el índice de Shannon ($H' = 3.55$ bits) junto con una baja dominancia.

El valor elevado de riqueza y abundancia de este transecto puede explicarse por el efecto de borde generado por la intervención que ocurre justo sobre el alineamiento de este transecto. Varios estudios han documentado que las zonas de bosques intervenidos ofrecen hábitat para aves nectarívoras e insectívoras que prefieren zonas de transición con mayor disponibilidad de recursos ²². En este caso el disturbio es ocasionado por la apertura de un claro en el bosque para cultivos de subsistencia por parte de los asentamientos humanos informales que ocurren en la zona.

El transecto T6_150 registro la segunda riqueza más alta ($S = 46$) y el mayor valor para el índice de Shannon ($H' = 3.59$ bits)

Índices	T6_50	T6_150	T6_350	T6_750	T6_1500
<i>Taxa_S</i>	33	46	49	40	39
<i>Individuals</i>	85	115	145	98	115
<i>Dominance_D</i>	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
<i>Simpson_1-D</i>	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96
<i>Shannon_H</i>	3.26	3.59	3.55	3.44	3.40
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.79	0.79	0.71	0.78	0.76
<i>Brillouin</i>	2.79	3.09	3.12	2.94	2.96
<i>Menhinick</i>	3.58	4.29	4.07	4.04	3.64
<i>Margalef</i>	7.20	9.48	9.65	8.51	8.01
<i>Equitability_J</i>	0.93	0.94	0.91	0.93	0.93
<i>Fisher_alpha</i>	19.81	28.42	26.03	25.21	20.78
<i>Berger-Parker</i>	0.12	0.10	0.09	0.10	0.11
<i>Chao-1</i>	44.14	53.50	65.15	49.23	42.67

Tabla 15. Principales índices de diversidad alfa para aves de los transectos del gradiente T6

La interpretación de las curvas de rarefacción indica que se logró muestrear de forma adecuada la diversidad de aves en los transectos, aunque sin alcanzar la

²² Lasky, J., & Keitt, T. (2010). Abundance of Panamanian dry-forest birds along gradients of forest cover at multiple scales. *Journal of Tropical Ecology*, 26(1), 67-78.
doi:10.1017/S0266467409990368

asíntota. Los valores de completitud del muestreo estuvieron entre 0.83 a 0.90 con el valor más alto en el transecto ubicado en el T6_1500.

No obstante, estos valores relativamente altos las estimaciones de Chao 1 sugieren que la riqueza real de especies puede ser superior hasta por 11 especies en el caso de T6_50. Los valores

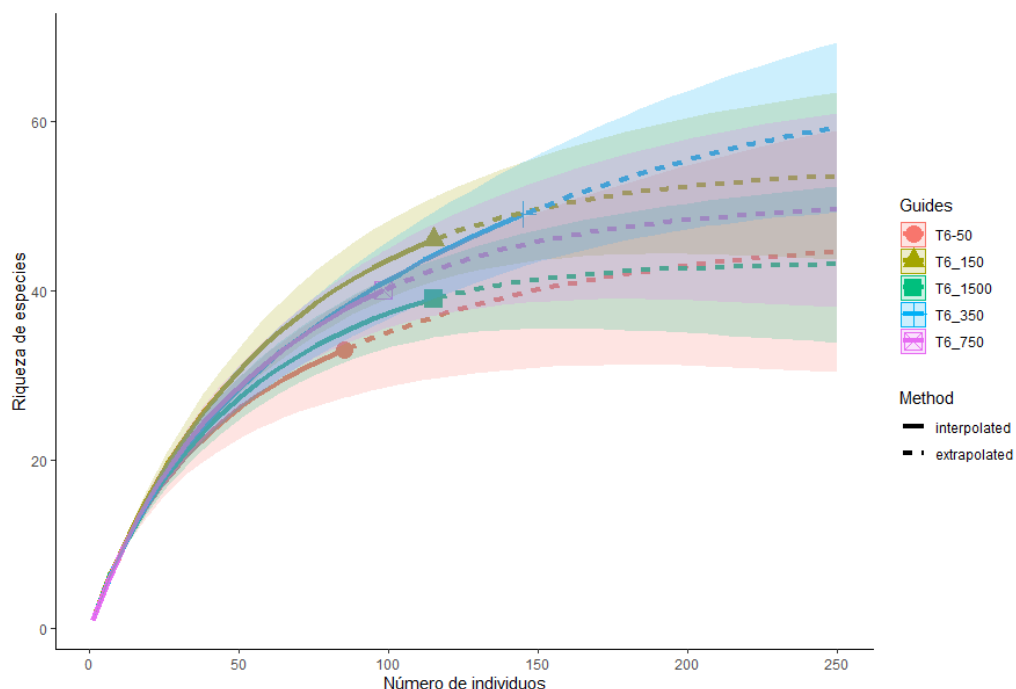


Figura 46. Curvas de rarefacción (Hill=0) de la riqueza de aves para los transectos del T6

La gráfica de frecuencia relativa de especies de aves (Figura 47) muestra que las familias con mayor frecuencia de avistamientos fueron Psittacidae (pericos y loros) seguida de Thraupidae (tángaras). De los loros la especie más frecuente fue el loro harinoso (*Amazona farinosa*) habitante común del dosel, este loro fue mas frecuente en T6_350 junto con otras especies comunes de áreas abiertas como la tángara cenicienta (*Tangara inornata*)

En el transecto T6_1500 fue predominante la tángara negriamarilla (*Chrysothlypis chrysomelas*), ave que frecuenta el dosel de los bosques húmedos con abundante musgo, y las áreas aledañas de crecimiento secundario alto, otra especie frecuente en este transecto fue el hormiguero collarejo (*Hylophylax naevioides*) , habitante del sotobosque de bosques húmedos y muy húmedos, que se frecuenta las marchas de hormigas soldado del género *Ecyton*, estas dos especies son indicadoras de bosques maduros poco perturbados.

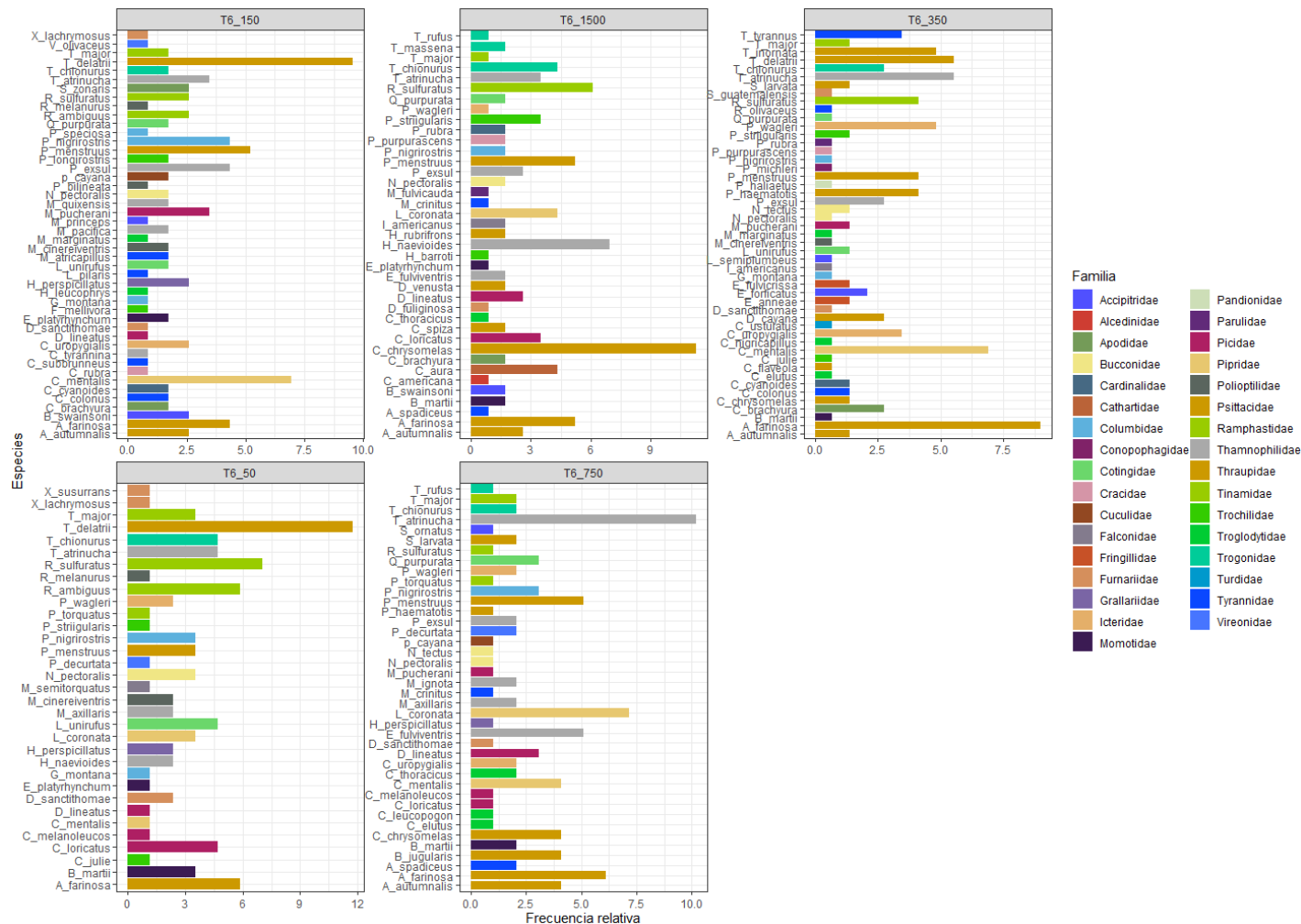


Figura 47. Gráfica de frecuencias relativas de especies de aves presentes en el gradiente T6 desagregadas por familia.

El resto de los transectos presentó una comunidad de aves con preferencias de hábitats variados incluyendo, tanto especies de bosque como de áreas abiertas, indicando que podría existir un gradiente de hábitats en la zona generado por las alteraciones en T6_350 que disminuyen hacia el T6_1500, sin embargo, esta hipótesis tendría que ponerse a prueba con muestreos más frecuentes para eliminar el sesgo ocasionado por la época de muestreo y las condiciones climáticas.

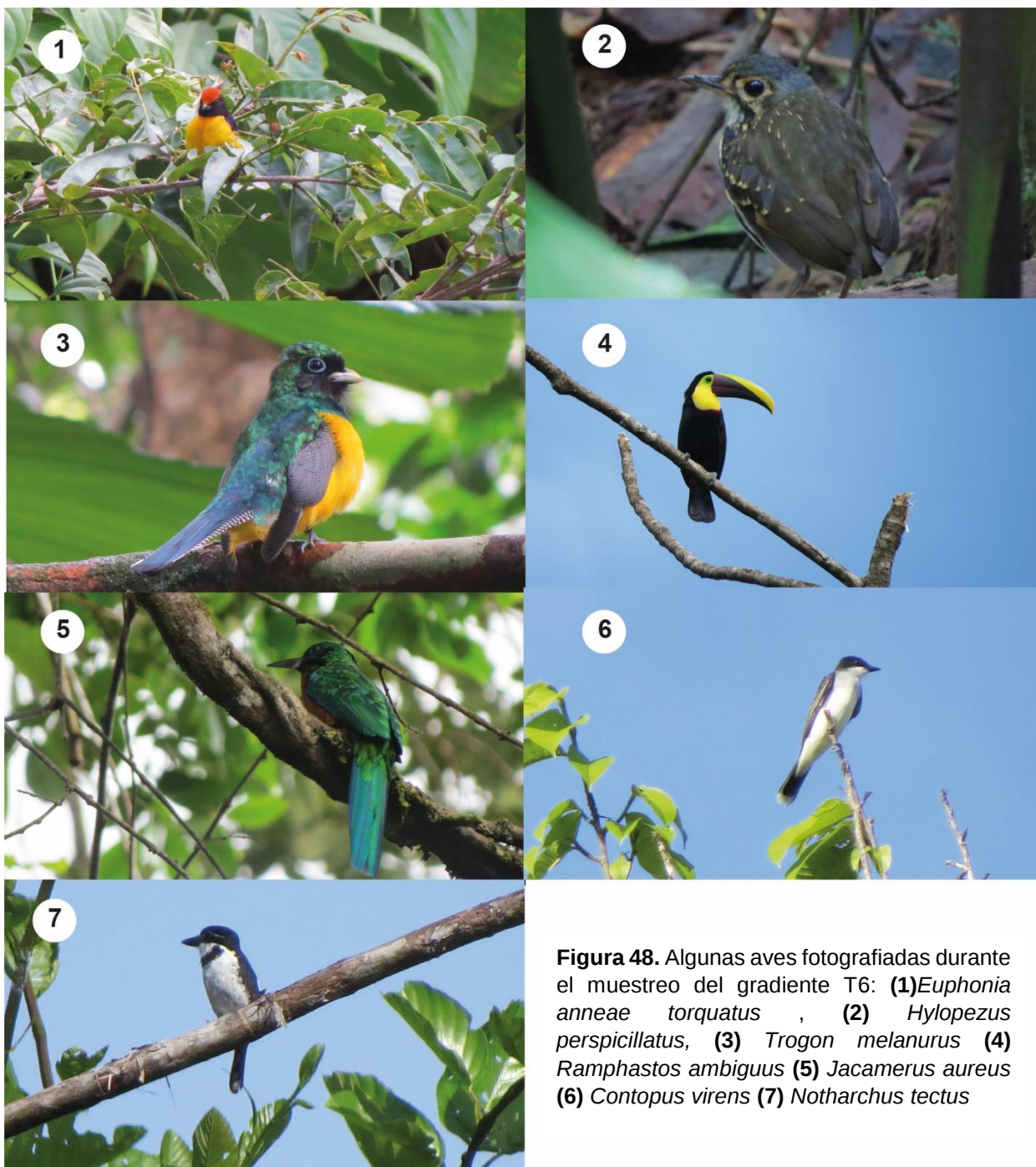


Figura 48. Algunas aves fotografiadas durante el muestreo del gradiente T6: **(1)***Euphonia anaeae torquatus* , **(2)** *Hylopezus perspicillatus*, **(3)** *Trogon melanurus* **(4)** *Ramphastos ambiguus* **(5)** *Jacamerus aureus* **(6)** *Contopus virens* **(7)** *Notharchus tectus*

Mamíferos terrestres

Como ha resultado habitual durante este muestreo, los mamíferos han resultado ser poco detectables, registrándose solo las especies más conspicuas que además dejan rastros importantes. En total se registraron para este gradiente, 26 observaciones y riqueza de seis ($S=6$). El transecto con mayor riqueza de especies observadas fue el T6_750 con cinco especies.

Estudios de cámaras trampa en el área del proyecto indican que la riqueza de mamíferos terrestres del área de estudio es de aproximadamente 30 especies, por lo que consideramos este muestreo poco representativo de la mastofauna que habita o utiliza el área estudiada.

Estos bajos registros pueden deberse a la brevedad del periodo de muestreo, factores climáticos y sesgo de los métodos de muestreo.

Índices	T6_50	T6_150	T6_350	T6_750	T6_1500
<i>Taxa_S</i>	3	3	3	5	4
<i>Individuals</i>	5	7	3	5	6
<i>Dominance_D</i>	0.44	0.35	0.33	0.20	0.28
<i>Simpson_1-D</i>	0.56	0.65	0.67	0.80	0.72
<i>Shannon_H</i>	0.95	1.08	1.10	1.61	1.33
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.86	0.98	1.00	1.00	0.94
<i>Brillouin</i>	0.60	0.76	0.60	0.96	0.87
<i>Menhinick</i>	1.34	1.13	1.73	2.24	1.63
<i>Margalef</i>	1.24	1.03	1.82	2.49	1.67
<i>Equitability_J</i>	0.87	0.98	1.00	1.00	0.96
<i>Fisher_alpha</i>	3.17	1.99	0.00	0.00	5.25
<i>Berger-Parker</i>	0.60	0.43	0.33	0.20	0.33
<i>Chao-1</i>	4	3	6	15	4.333

Tabla 16. Principales índices de diversidad alfa para mamíferos de los transectos del gradiente T6

La inspección de la gráfica de frecuencia relativa por transecto indica que los monos cariblancos (*Cebus imitator*) fueron avistados en todos los sitios de muestreo. Un registro importante, por tratarse de una especie amenazada y que forma parte de las especies de interés para la conservación de la mina de Cobre Panamá, fue la observación de huellas de jaguar en el transecto T6_750.

En este mismo transecto se documentó la presencia de sainos (*Pecari tajacu*) una de las presas del jaguar.

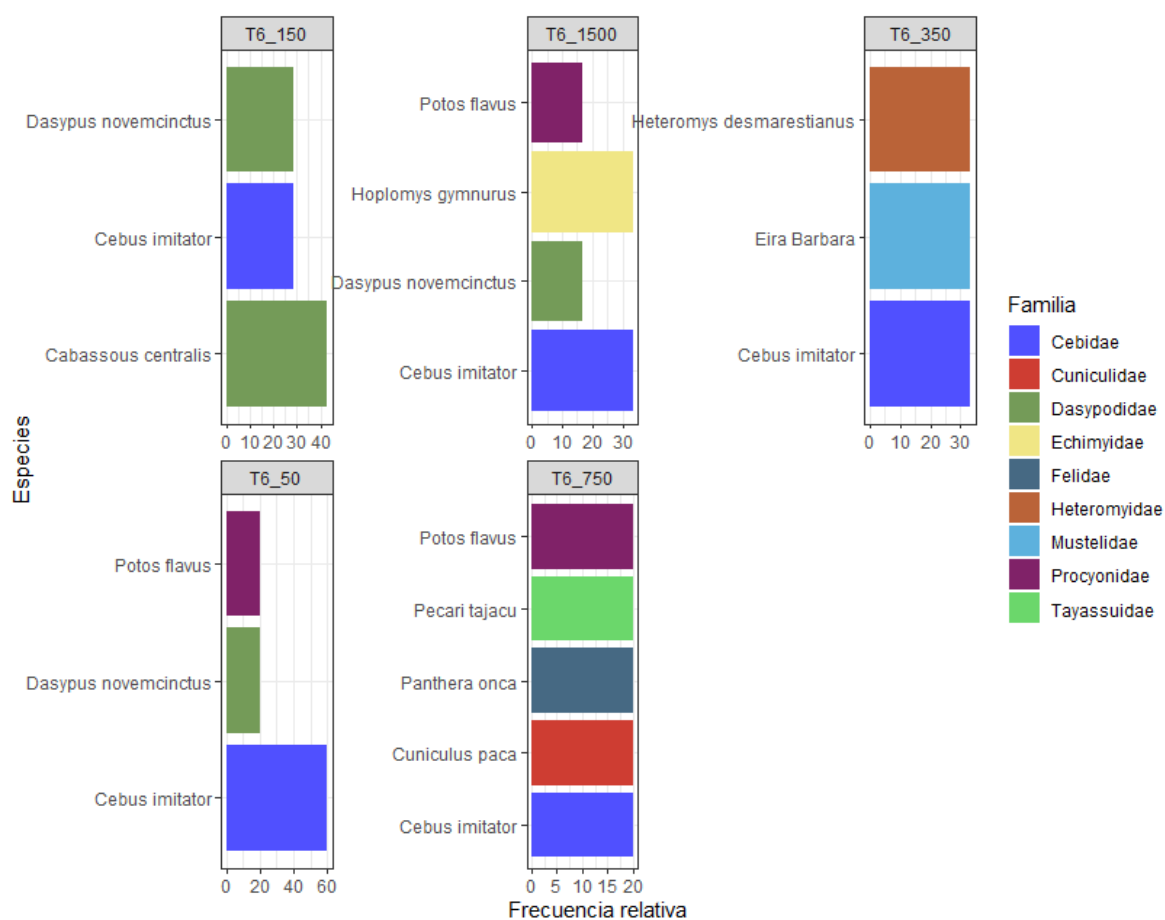


Figura 49. Gráfica de frecuencias relativas de especies de mamíferos presentes en el gradiente T6 desagregados por familia.

Murciélagos

En el gradiente T6 los murciélagos fueron particularmente abundantes, registrándose un total de 645 individuos, pertenecientes a nueve especies. La mayor cantidad de individuos se registró en T6_50 con 192 colectas mediante redes de niebla, seguido del T6_1500 con 135 individuos colectados. En T6_50 también se documentó la mayor riqueza con ocho especies, en tanto que los transectos T6_350, T6_750 y T6_1500 presentaron siete especies cada una.

El valor del índice de diversidad Shannon (H') se mantuvo entre 1.48 a 1.80 bits, con dominancias relativamente bajas entre 0.17 a 0.28.

Índices	T6_50	T6_150	T6_350	T6_750	T6_1500
<i>Taxa_S</i>	8	6	7	7	7
<i>Individuals</i>	192	119	94	105	135
<i>Dominance_D</i>	0.20	0.25	0.17	0.18	0.28
<i>Simpson_1-D</i>	0.81	0.75	0.83	0.82	0.72
<i>Shannon_H</i>	1.80	1.56	1.85	1.78	1.48
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.76	0.80	0.91	0.85	0.63
<i>Brillouin</i>	1.72	1.48	1.72	1.67	1.40
<i>Menhinick</i>	0.58	0.55	0.72	0.68	0.60
<i>Margalef</i>	1.33	1.05	1.32	1.29	1.22
<i>Equitability_J</i>	0.87	0.87	0.95	0.91	0.76
<i>Fisher_alpha</i>	1.69	1.33	1.75	1.69	1.57
<i>Berger-Parker</i>	0.30	0.34	0.20	0.24	0.45
<i>Chao-1</i>	8	6	7	7	8

Tabla 17. Principales índices de diversidad alfa para murciélagos de los transectos del gradiente T6. Debido a la alta tasa de capturas, las curvas de rarefacción de los transectos alcanzaron la asíntota y la completitud de la muestra fue de 1.0 para todos los transectos a excepción de T6_1500 cuyo valor fue de 0.98.

Aunque estos resultados aparentan ser elevados en términos de cantidad de individuos y especies, es importante mencionar que el muestreo de murciélagos con redes de niebla presenta sesgos espaciales de muestreo, pues solo se colectan especies en la parte baja del bosque y no se logran capturas de especies que utilizan el dosel o vuelan por encima del dosel del bosque.

De manera que la comunidad aquí representada se constituye por el ensamblaje de murciélagos que hacen uso de la parte baja del bosque hasta un máximo de 4 metros de altitud por encima del nivel del suelo.

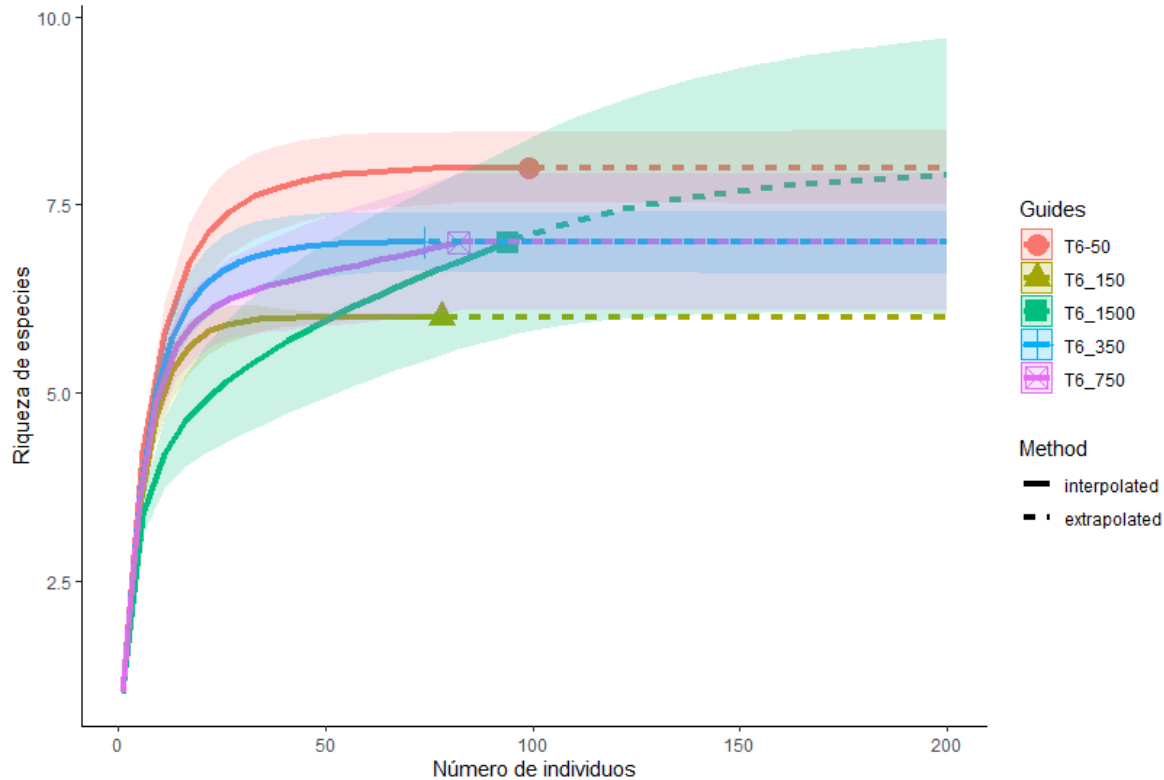


Figura 50. Curvas de rarefacción (Hill=0) de la riqueza de murciélagos para los transectos del T6

El análisis de frecuencias indica que todas las especies documentadas pertenecen a la familia Phyllostomidae. Las especies más frecuentes fueron *Artibeus lituratus* y *Artibeus watsoni*, con 202 y 126 registros respectivamente y dominaron en T6_50 y T6_150, en T6_1500 solo *Artibeus lituratus* fue dominante.

A. lituratus y *A. watsoni* se alimentan principalmente de frutos, en especial de bayas carnosas como higos (*Ficus*). También consumen semillas de *Piper*. Por el contrario, en el transecto T6_350 *A. lituratus* fue la especie menos frecuente y la comunidad de quirópteros presentó una composición más homogénea ($D' = 0.17$). Las especies más frecuentes en este transecto fueron *Vampyressa thuyone* y *Carolia castanea*, ambas especies se alimentan de frutos e insectos y se ha reportado que prefieren las flores y frutos del guarumo (*Cecropia* sp.) especie de planta pionera asociada a hábitat disturbados.

Estos registros son consistentes con el estado del gradiente T6_350, donde se observa que el bosque ha sido parcialmente removido para abrir paso a trabajadores agrícolas de subsistencia.

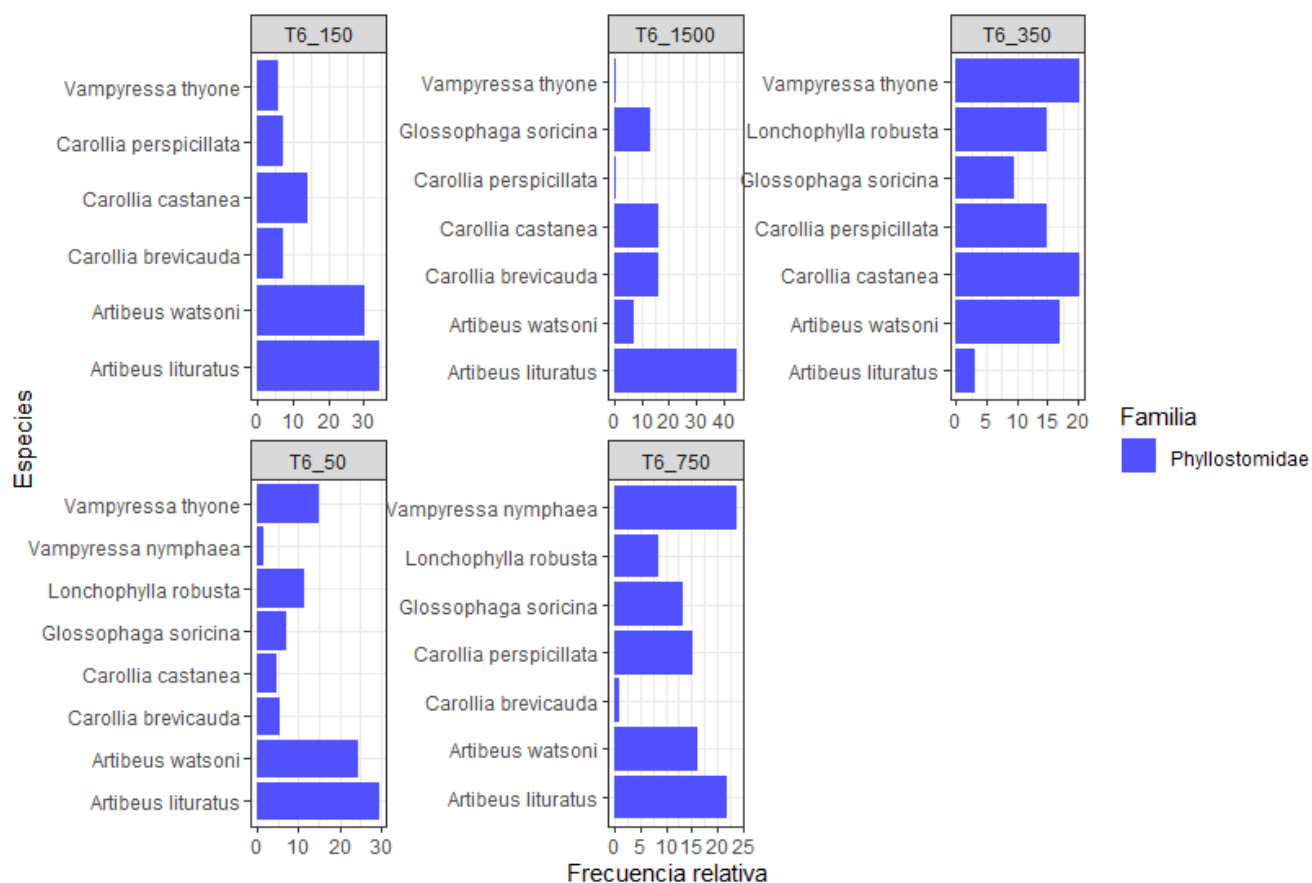


Figura 51. Gráfica de frecuencias relativas de especies de murciélagos presentes en el gradiente T6 desagregados por familia .

Gradiente T10

Estado del gradiente

El gradiente T10 no presenta alteraciones respecto al estado inicial de la cobertura boscosa existente durante el establecimiento de los primeros transectos en el año 2014. De hecho, algunas zonas de trabajadero ubicadas a aproximadamente 500 metros hacia el sur del transecto T10_ 50 han sido recolonizadas por la vegetación nativa. Sin embargo, si fue posible observar algunos focos de colonización, que, aunque distantes del gradiente (aprox. 1.5 km) pudieran expandirse o servir como punto para el establecimiento de asentamientos humanos.

La experiencia indica que la región del Donoso es vulnerable a procesos de colonización ilegal por parte de comunidades indígenas y colonos que cambian el uso de suelo y practican la cacería de fauna silvestre, con consecuencias para las comunidades faunísticas de la zona. En todo caso, hasta el momento el gradiente se mantiene en condiciones similares a las observadas en el año 2014.

Comparación del estado de la cobertura vegetal y avance de la frontera agropecuaria alrededor del gradiente de muestreo T10



Figura 52. Mapa del gradiente T10 mostrando el cambio en el uso de suelo ocurrido entre 2006 y 2017.

Anfibios

En el gradiente T10 se registraron 300 individuos pertenecientes a 29 especies de anfibios, con la mayor riqueza de especies documentada en el transecto T10_750 en donde la riqueza fue de 19 especies y la abundancia fue de 77 individuos.

La menor riqueza se registró en T10_1500 con 14 de las 29 especies documentadas para el gradiente. En consecuencia, con estas cifras, el índice de Shannon más elevado del gradiente se obtuvo en T10_750 ($H' = 2.56$). En todos los transectos la dominancia fue baja ($D < 0.12$).

Índices	T10_150	T10_1500	T10_350	T10_50	T10_750
<i>Taxa_S</i>	17	14	17	17	19
<i>Individuals</i>	76	35	61	51	77
<i>Dominance_D</i>	0.09	0.09	0.12	0.11	0.10
<i>Simpson_1-D</i>	0.91	0.91	0.88	0.89	0.90
<i>Shannon_H</i>	2.53	2.49	2.39	2.51	2.56
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.74	0.86	0.64	0.72	0.68
<i>Brillouin</i>	2.23	2.03	2.05	2.11	2.24
<i>Menhinick</i>	1.95	2.37	2.18	2.38	2.17
<i>Margalef</i>	3.70	3.66	3.89	4.07	4.14
<i>Equitability_J</i>	0.89	0.94	0.84	0.88	0.87
<i>Fisher_alpha</i>	6.80	8.65	7.82	8.93	8.07
<i>Berger-Parker</i>	0.13	0.14	0.21	0.22	0.17
<i>Chao-1</i>	20.33	17.33	21.2	21.2	37

Tabla 18. Principales índices de diversidad alfa para anfibios de los transectos del gradiente T10

El análisis de la curva de rarefacción indica que la completitud del muestreo fue aceptable y homogéneo entre todos los transectos, con valores entre 0.86 a 0.93, alcanzando apenas la asíntota en el T10_150. Por ende, las estimaciones de riqueza para estos transectos son superiores a la riqueza observada, por ejemplo, el estimador Chao-1 indica que para el transecto T10_750 la riqueza estimada es de 37 especies cuando la observada fue de 19. Factores como la estacionalidad y el corto

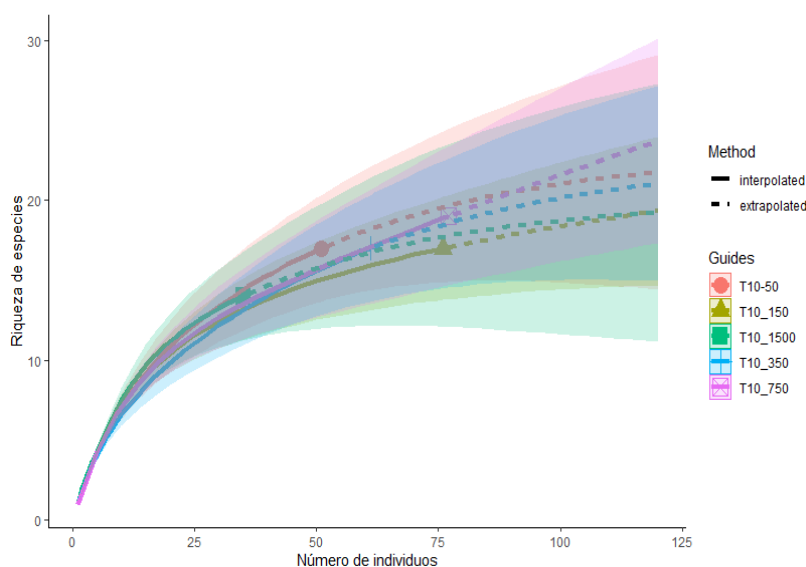


Figura 53. Curvas de rarefacción (Hill=0) de la riqueza de anfibios para los transectos del T10

periodo de muestreo podrían explicar estas diferencias entre la riqueza estimada y la observada.

Las gráficas de frecuencia relativa por transecto revelan que en los transectos T10_350 y T10_750 fueron frecuentes las ranas del género *Diasporus* pertenecientes a la familia Eleutherodactylidae, en el gradiente T10_150 una especie de *Diasporus* sin identificar fue tan abundante como la especie EdI *Oophaga vicentei* y el centronélido *Teratohyla spinosa*, este último habitante de quebradas de montaña.

En los transectos T10_50 y T10_1500 dominaron las ranas de la familia Dendrobatidae en ambos casos siendo más frecuentes las especies EdI *Oophaga vicentei* y *Andinobates geminisae*, especie recientemente descrita para el área de Donoso.

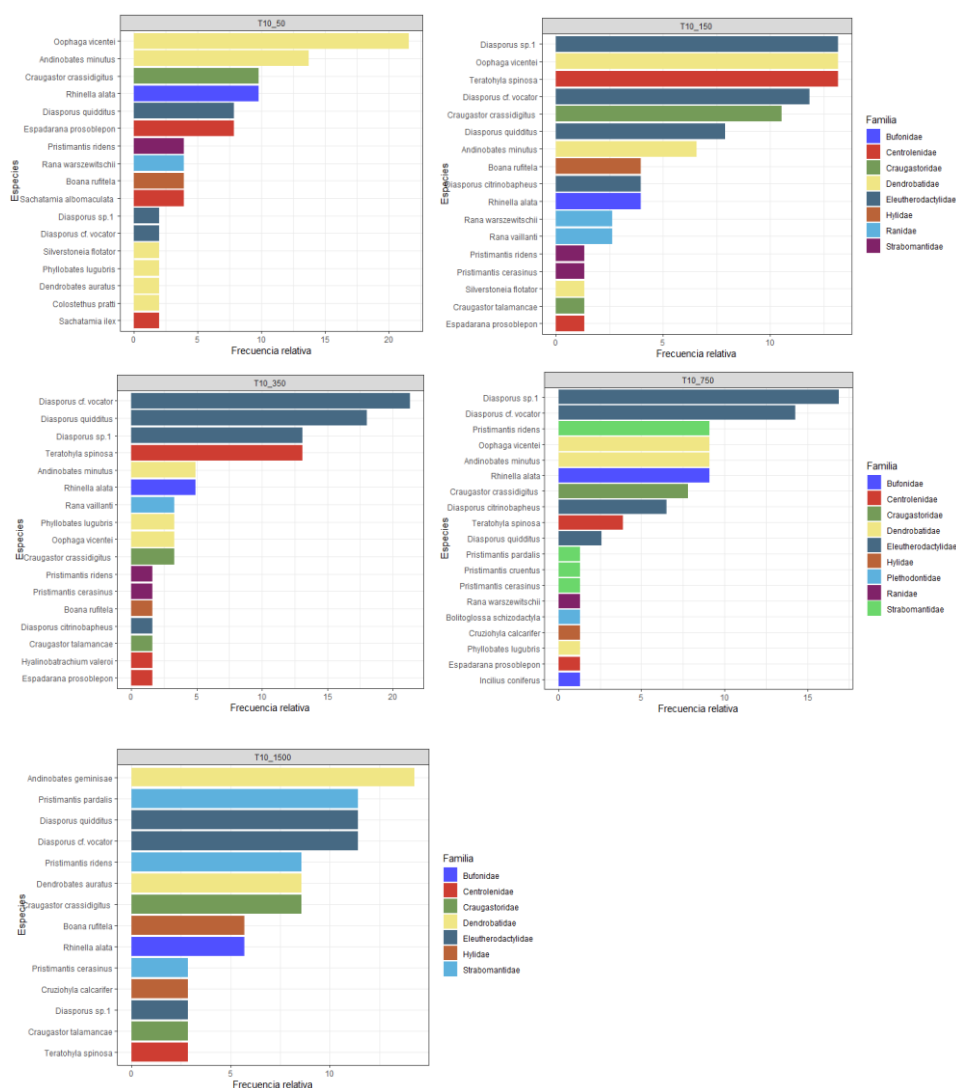


Figura 54. Gráfica de frecuencias relativas de especies de anfibios presentes en el gradiente T10 desagregados por familia.

Reptiles

La riqueza y abundancia de reptiles en el gradiente T10 se asemeja a los resultados observados en los otros gradientes de este estudio. La riqueza del gradiente fue de 17 especies y la abundancia de 34 individuos, con riqueza máxima de siete especies en T10_750 y T10_1500 y mínima de cuatro en T10_350 y T10_50.

Sin embargo, estos resultados deben interpretarse con cautela debido a la baja completitud del muestreo, que en ningún caso obtuvo un valor superior a 0.63 (T10_10), con valores mínimos reportados de 0.18 y 0.28 para los transectos T10_350 y T10_750 respectivamente.

Es decir, los índices de diversidad no reflejan la diversidad real de los tramos muestreados y probablemente solo alcanzan a documentar las especies más frecuentes o abundantes ²³.

Índices	T10_50	T10_150	T10_350	T10_750	T10_1500
<i>Taxa_S</i>	4	5	4	7	7
<i>Individuals</i>	7	6	4	8	9
<i>Dominance_D</i>	0.39	0.22	0.25	0.16	0.16
<i>Simpson_1-D</i>	0.61	0.78	0.75	0.84	0.84
<i>Shannon_H</i>	1.15	1.56	1.39	1.91	1.89
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.79	0.95	1.00	0.96	0.94
<i>Brillouin</i>	0.76	0.98	0.79	1.24	1.27
<i>Menhinick</i>	1.51	2.04	2.00	2.48	2.33
<i>Margalef</i>	1.54	2.23	2.16	2.89	2.73
<i>Equitability_J</i>	0.83	0.97	1.00	0.98	0.97
<i>Fisher_alpha</i>	3.88	14.12	0.00	26.78	14.49
<i>Berger-Parker</i>	0.57	0.33	0.25	0.25	0.22
<i>Chao-1</i>	7	8	10	14.5	10.33

Tabla 19. Principales índices de diversidad alfa de reptiles de los transectos del gradiente T10

Los reptiles y especialmente las serpientes son notoriamente difícil de muestrear; muchas especies tienen detectabilidades tan bajas como para volverlas efectivamente invisibles en las comunidades donde ocurren ²⁴. Por estas razones, los datos obtenidos presentan una enorme incertidumbre en la composición de la comunidad de reptiles del área estudiada, que solo puede ser abordada con muestreos con mayor representatividad temporal.

Las gráficas de frecuencia relativa muestran que las especies con mayor frecuencia de observación fueron las lagartijas de la familia Dactyloidae con 14 registros,

²³ Chao, A, Kubota, Y, Zelený, D, et al. Quantifying sample completeness and comparing diversities among assemblages. Ecological Research. 2020; 35: 292– 314. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12102>

²⁴ Fraga Rd, Stow AJ, Magnusson WE, Lima AP (2014) The Costs of Evaluating Species Densities and Composition of Snakes to Assess Development Impacts in Amazonia. PLoS ONE 9(8): e105453. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105453>

siendo las especies *Anolis humilis* y *Anolis limifrons* comúnmente observadas en todos los transectos. La segunda familia con mayor número de observaciones fue Sphaerodactylidae (7 registros) con *Lepidoblepharis victormartinezi* como la especie con mayor frecuencia de observaciones.

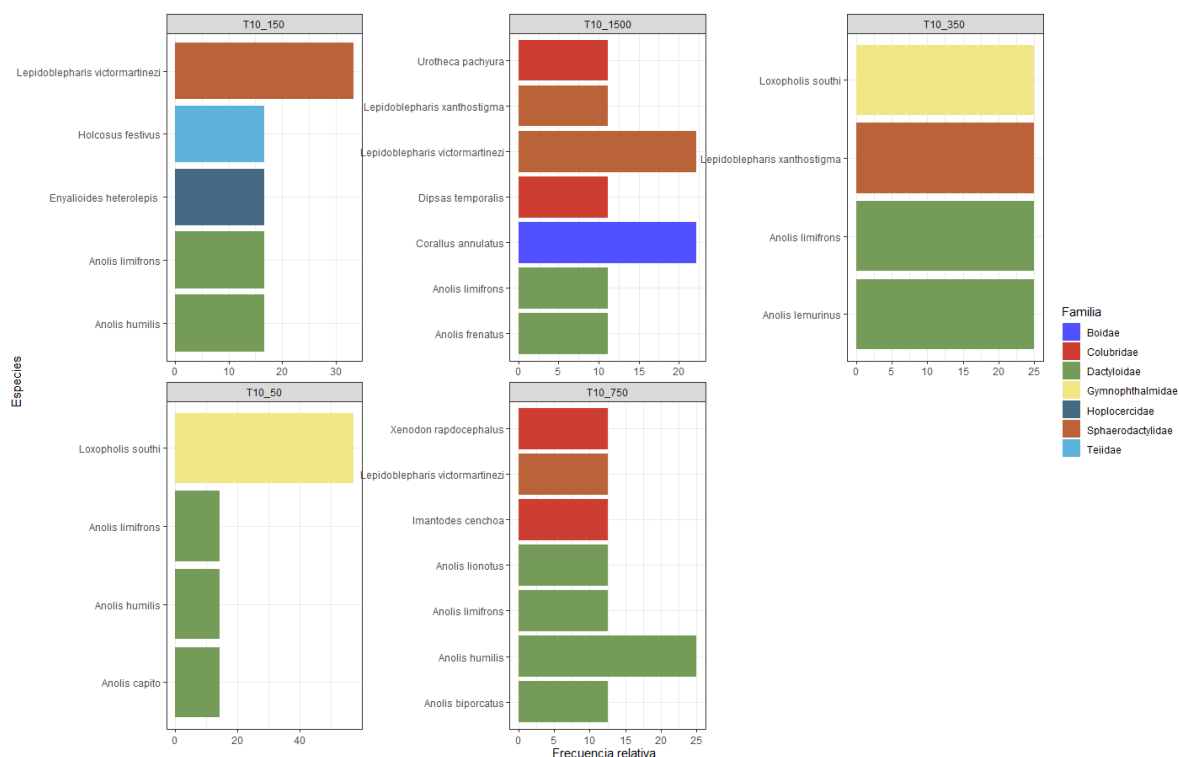


Figura 55. Gráfica de frecuencias relativas de especies de anfibios presentes en el gradiente T10 desagregados por familia.



Figura 56. Algunos herpetos registrados durante el muestreo del gradiente T10: **(1)** *Lepidoblepharis victormartinezi* **(2)** *Phyllobates lugubris*, **(3)** *Bolitoglossa schizodactyla* **(4)** *Andinobates geminisae* **(5)** *Hyalinobatrachium valeroi* **(6)** *Incilus confusus* **(7)** *Corallus annulatus* **(8)** *Leptophis depressirostris*.

Aves

Para el gradiente T10 se reportan 647 individuos observados distribuidos en 75 especies. El transecto con mayor riqueza fue T10_750 con 45 especies y el de menor T10_150 (S=33). El índice de Shannon estuvo entre 3.18 a 3.49 bits, pudiéndose interpretar como diversidades medias a altas. En todos los transectos muestreados la dominancia fue baja.

Índices	T10_50	T10_150	T10_350	T10_750	T10_1500
<i>Taxa_S</i>	43	33	39	45	38
<i>Individuals</i>	118	121	126	151	131
<i>Dominance_D</i>	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05
<i>Simpson_1-D</i>	0.96	0.95	0.95	0.96	0.95
<i>Shannon_H</i>	3.49	3.18	3.34	3.49	3.33
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.76	0.73	0.73	0.73	0.73
<i>Brillouin</i>	3.03	2.81	2.94	3.09	2.94
<i>Menhinick</i>	3.96	3.00	3.47	3.66	3.32
<i>Margalef</i>	8.80	6.67	7.86	8.77	7.59
<i>Equitability_J</i>	0.93	0.91	0.91	0.92	0.91
<i>Fisher_alpha</i>	24.35	14.95	19.33	21.69	17.96
<i>Berger-Parker</i>	0.09	0.10	0.09	0.10	0.14
<i>Chao-1</i>	51.75	42.17	49.11	54.1	41.75

Tabla 20. Principales índices de diversidad alfa de aves de los transectos del gradiente T10

La cobertura del muestreo estuvo en el rango de 0.87 a 0.92, por lo que estimamos que el muestreo logra representar de manera aceptable en ensamble de la comunidad de aves en cada uno de los transectos, sin embargo, ninguna de las curvas de rarefacción por transecto logra estabilizar y llegar a la asíntota, por lo que se estima que la diversidad real es superior a la observada.

En este sentido el estimador de riqueza Chao-1 sugiere que la riqueza de aves se encuentra en el rango de las 41 a 52 especies.

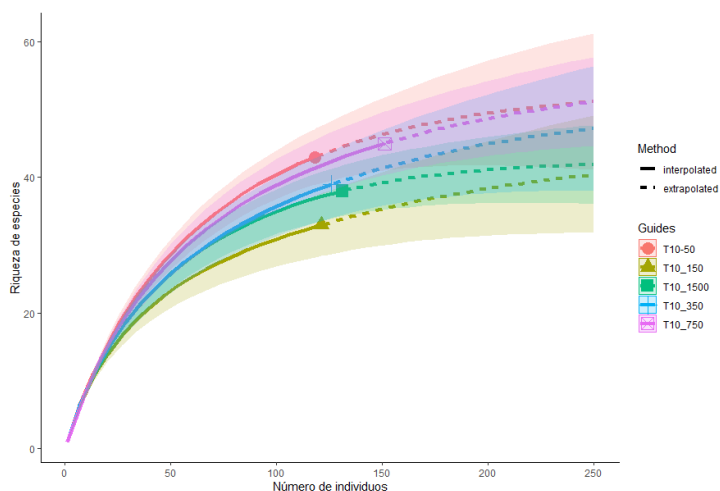


Figura 56. Curvas de rarefacción (Hill=0) de la riqueza de aves para los transectos del T10

El análisis de frecuencias absolutas por especie y familia muestra al loro verde (*Amazona farinosa*), tangara crestinaranja (*Tachyphonus delatrii*) y los tucanes *Rhamphastos sulfuratus* y *Ramphastos ambiguus* como las especies más frecuentemente observadas en todos los transectos.

Las familias mejor representadas fueron Psittacidae (pericos, loros y guacamayas) entre las que destaca el registro de la guacamaya verde (*Ara ambiguus*) en los transectos T10_150 y T10_750. En Panamá es la guacamaya más ampliamente distribuida y menos rara, aunque actualmente es muy local a causa de la destrucción de su hábitat y la cacería, esta especie esta considerada como una de las especies de interés (EdI) de la mina de Cobre Panamá y son pocos los registros que se tienen de esta especie en el área de Donoso. Otra especie EdI documentada en el transecto T10_150 ha sido el pavón (*Crax rubra*).

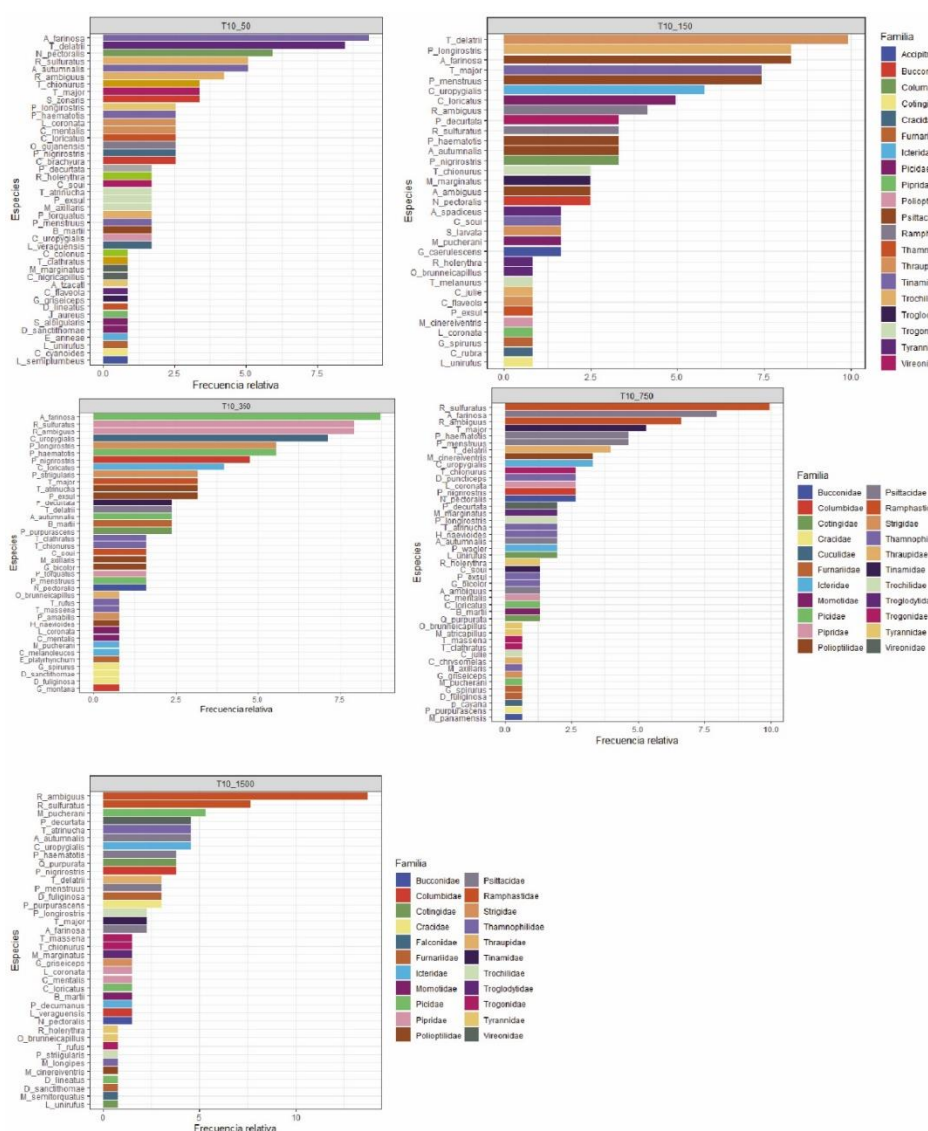


Figura 57. Gráfica de frecuencias relativas de especies de aves presentes en el gradiente T10 desagregados por familia

Mamíferos

En total se documentaron 45 individuos y la presencia de 13 especies de mamíferos, ninguno de ellos capturado mediante trampeo. El transecto con mayor cantidad de especies registradas fue T10_150 con 11 individuos y ocho especies.

Al igual que con otros grupos taxonómicos, la baja detectabilidad de los mamíferos especialmente los de hábitos nocturnos²⁵ o arborícolas²⁶, dificulta obtener en un muestreo de corto tiempo la diversidad de mamíferos presentes en una zona, en general los valores de cobertura del muestreo fueron bajos ($0.32 < s.c < 0.70$), y en Ningún transecto la curva de rarefacción alcanzó la asíntota.

Estudios de cámaras trampa en el área del proyecto indican que la riqueza de mamíferos terrestres del área de estudio es de aproximadamente 30 especies, por lo que consideramos este muestreo poco representativo de la mastofauna que habita o utiliza el área estudiada.

Indices	T10_50	T10_150	T10_350	T10_750	T10_1500
Taxa_S	4	8	5	5	6
Individuals	8	11	7	9	10
Dominance_D	0.28	0.16	0.22	0.26	0.22
Simpson_1-D	0.72	0.84	0.78	0.74	0.78
Shannon_H	1.32	1.97	1.55	1.47	1.64
Evenness_e^H/S	0.94	0.90	0.94	0.87	0.86
Brillouin	0.93	1.37	1.02	1.02	1.15
Menhinick	1.41	2.41	1.89	1.67	1.90
Margalef	1.44	2.92	2.06	1.82	2.17
Equitability_J	0.95	0.95	0.96	0.91	0.92
Fisher_alpha	3.18	13.19	7.82	4.63	6.33
Berger-Parker	0.38	0.27	0.29	0.33	0.30
Chao-1	4	15.5	6	8	12

Tabla 21. Principales índices de diversidad alfa de mamíferos de los transectos del gradiente T10 los primates de las familias Ateidae (*Aiouatta pallata* y *Ateles georroyi*) y Cebidae (*Cebus imitator*), los cuales son diurnos y patrullan sus áreas de forrajeo en grupos familiares.

También hubo registros de especies de interés para la conservación (EdI) en los que se encuentran el tapir de Baird (*Tapirus bairdii*) documentado en los transectos

²⁵ Nekaris KAI, Pambudi JAA, Susanto D, Ahmad RD, Nijman V (2014) Densities, distribution and detectability of a small nocturnal primate (Javan slow loris *Nycticebus javanicus*) in a montane rainforest. Endang Species Res 24:95-103. <https://doi.org/10.3354/esr00585>

²⁶ Roland Kays, James Sheppard, Kevin Mclean, Charlie Welch, Cris Paunescu, Victor Wang, Greg Kravitz & Meg Crofoot (2019) Hot monkey, cold reality: surveying rainforest canopy mammals using drone-mounted thermal infrared sensors, International Journal of Remote Sensing, 40:2, 407-419, DOI: 10.1080/01431161.2018.1523580

T10_150, T10_750 y T10_1500; el jaguar (*Panthera onca*) cuyas huellas fueron observadas en el transecto T10_750 y el ocelote (*Leopardus pardalis*) en T10_150 y T10_1500.

Otras especies frecuentemente avistadas fueron el cusumbí (*Potos flavus*) de hábitos nocturnos y arborícola, además del armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*).

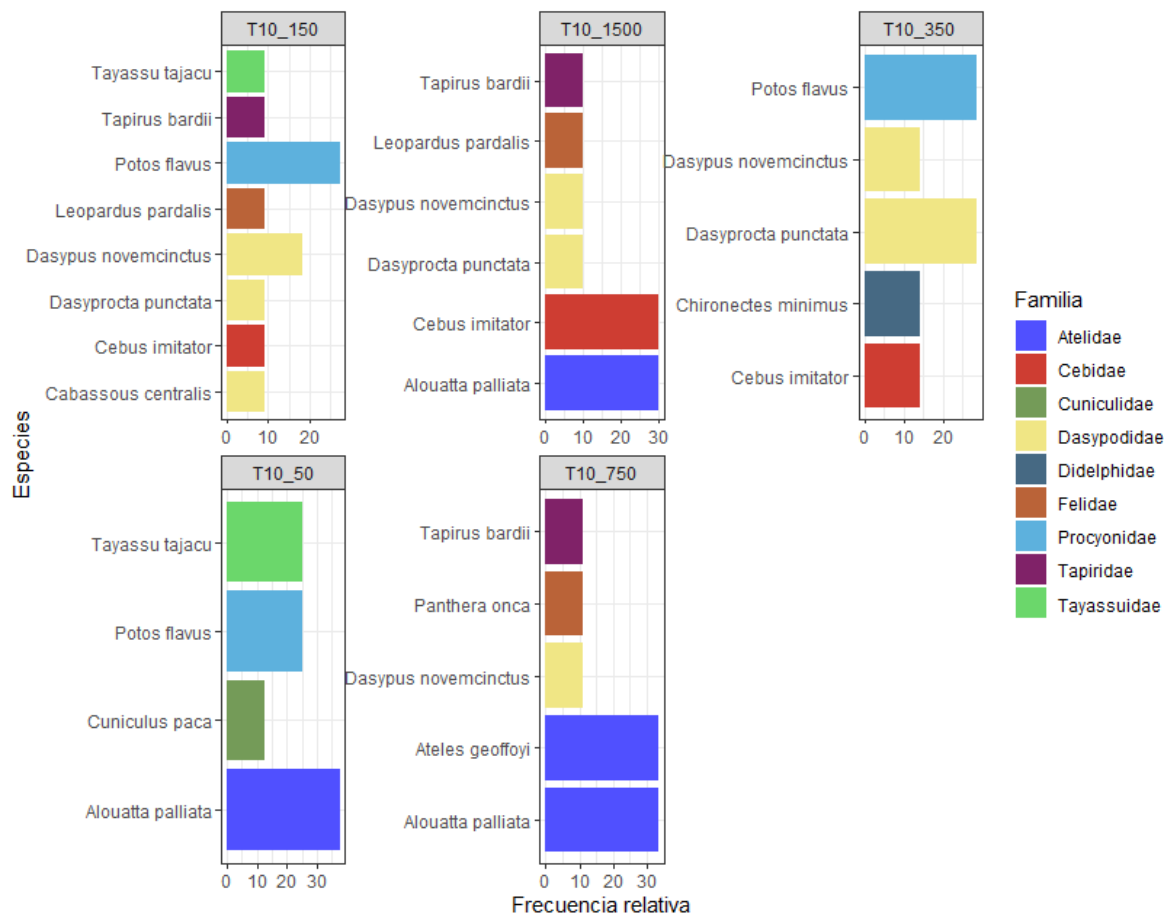


Figura 58. Gráfica de frecuencias relativas de especies de mamíferos terrestres presentes en el gradiente T10 desagregados por familia.

Murciélagos

Los quirópteros fueron el grupo menos representado en el gradiente T10, a pesar de ser el taxa de mamíferos con mayor diversidad del neotrópico ²⁷. En total se capturaron 210 individuos pertenecientes a nueve especies. La riqueza por transecto oscilo entre 2 a 4 especies, no obstante, la baja riqueza de especies, el comportamiento del estimado de riqueza Chao-1 sugiere que la muestra representa adecuadamente la riqueza real de murciélagos del área de estudio.

El índice de Shannon se mantuvo con valores bajos entre 0.78 a 1.30 bits y dominancias medias debido en parte a la baja riqueza de especies.

Índices	T10_50	T10_150	T10_350	T10_750	T10_1500
<i>Taxa_S</i>	4	3	4	4	2
<i>Individuals</i>	21	58	53	55	23
<i>Dominance_D</i>	0.29	0.56	0.31	0.28	0.50
<i>Simpson_1-D</i>	0.71	0.44	0.69	0.72	0.50
<i>Shannon_H</i>	1.30	0.78	1.29	1.32	0.69
<i>Evenness_e^H/S</i>	0.92	0.73	0.90	0.94	1.00
<i>Brillouin</i>	1.09	0.71	1.18	1.22	0.61
<i>Menhinick</i>	0.87	0.39	0.55	0.54	0.42
<i>Margalef</i>	0.99	0.49	0.76	0.75	0.32
<i>Equitability_J</i>	0.94	0.71	0.93	0.96	1.00
<i>Fisher_alpha</i>	1.47	0.67	1.00	0.99	0.53
<i>Berger-Parker</i>	0.33	0.72	0.45	0.38	0.52
<i>Chao-1</i>	4	3	4	4	2

Tabla 22. Principales índices de diversidad alfa de murciélagos de los transectos del gradiente T10

El efecto generado por la abundancia de especímenes ocasionó que la curva de rarefacción de todos los sitios alcance o se aproxime a la asíntota, con coberturas de la muestra entre 0.98 a 1.00.

Es importante mencionar que el muestreo de murciélagos con redes de niebla presenta sesgos espaciales de muestreo, pues solo se colectan especies en la parte baja del bosque y no se logran capturas de especies que

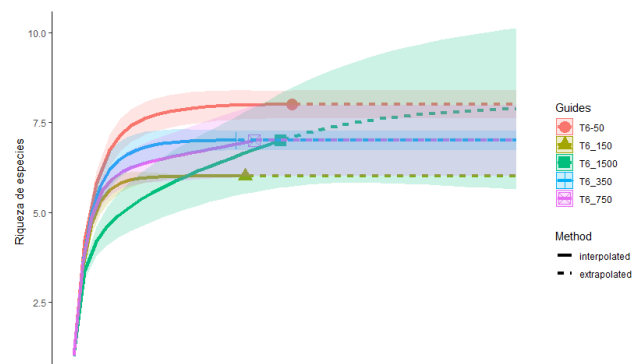


Figura 59. Curvas de rarefacción (Hill=0) de la riqueza de murciélagos para los transectos del T10.

²⁷ Araúz G., J. (2017) Riqueza y abundancia de las especies de murciélagos de Donoso, provincia de colón, panamá», Tecnociencia, 19(2), pp. 47–65. Disponible en: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/120> (Accedido: 31 agosto 2022).

utilizan el dosel o vuelan por encima del dosel del bosque

Del listado destacan las especies *Dermanura watsoni* y *Saccopteryx bilineata* las cuales fueron colectadas solamente en el gradiente T10. *Dermanura watsoni* se les ha observado volar dentro de la vegetación madura y se les ha colectado dentro de la selva y sobre cuerpos de agua, esta especie fue capturada en todos los transectos, con la excepción del T10_50.

Por otra parte, el reporte de *Saccopteryx bilineata* en T10_50 constituye una adición para el listado de especies de murciélagos de Donoso, elevando a 33 el número de especies conocidas para la zona ²⁷ y a cinco el número de familias de Chiroptera de Donoso.

Saccopteryx bilineata es un murciélago insectívoro. Consume insectos sobre la vegetación. Es una especie que se la puede considerar oportunista porque se alimenta en una variedad de hábitats durante todo el año²⁸.

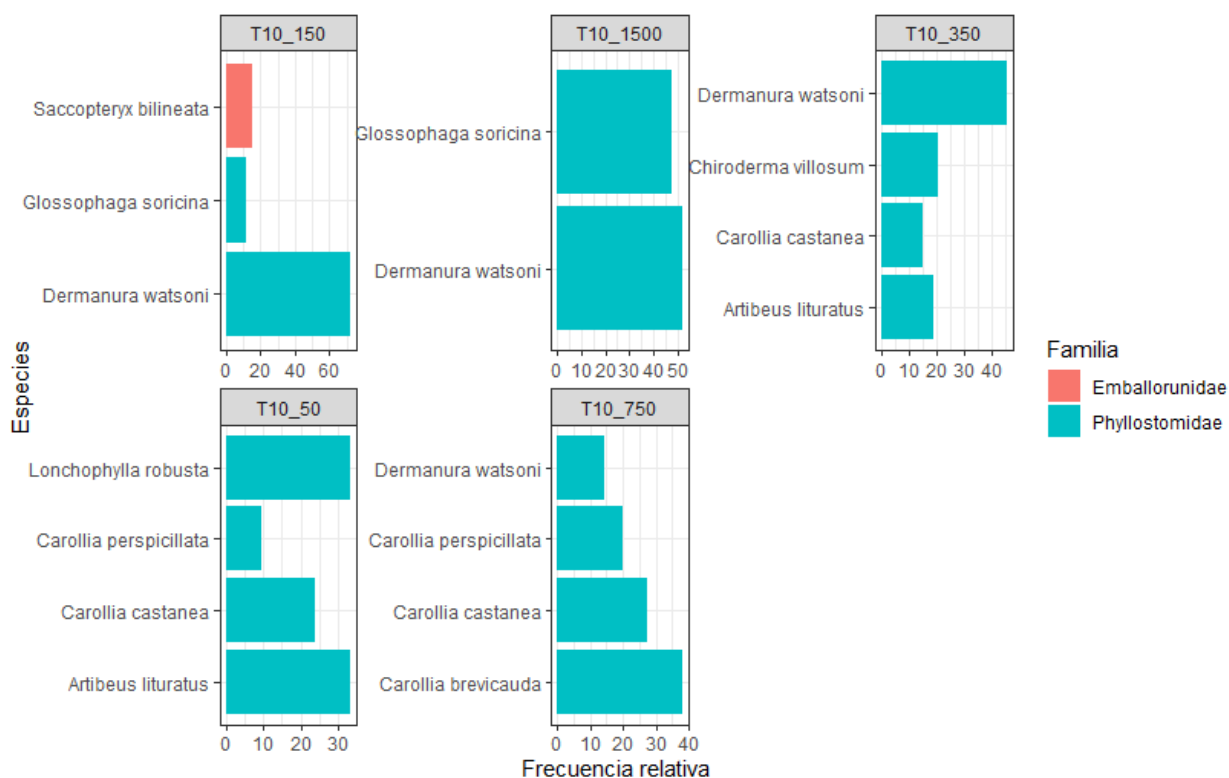


Figura 60. Gráfica de frecuencias relativas de especies de murciélagos presentes en el gradiente T10 desagregados por fami

²⁸ Behr, O., Knörnschild, M., Von Helversen, O. 2009. Territorial conter-singing in male sac-winged bat (*Saccopteryx bilineata*): low frequency songs trigger a stronger response. Behavioral Ecology and Sociobiology 63(3): 433-442

Conclusiones

Se presentan resultados de diversidad biológica para el grupo anfibios, reptiles y aves en los cinco gradientes del programa de monitoreo de efecto borde. En total se registraron 1,091 ranas y salamandras pertenecientes a 50 especies de anfibios, 193 individuos de lagartijas y ofidios representando 37 de reptiles, las aves totalizaron 3,491 observaciones, siendo el grupo con mayor cantidad de registros, distribuidas en 201 especies.

Se documentaron 139 observaciones de rastros y capturas de mamíferos terrestres que representaron 26 especies y 965 capturas de murciélagos pertenecientes a 15 especies, una de las cuales es un nuevo reporte para el área de Donoso.

Por el contrario, nuevos bordes se han abierto alrededor y dentro de 4 de los 5 transectos muestreados a la fecha, afectando las condiciones iniciales y haciendo que se pierda el propósito para el cual fueron generados los gradientes y transectos del proyecto de monitoreo de efecto borde.

Planteamos reformular el monitoreo del efecto de borde generado por la huella de la mina, reestructurando el plan de muestreo para enfocarse sobre el alineamiento de la carretera hacia la costa, reduciendo los taxa objetos de estudio e incorporando monitoreo basado en índices bioacústicos para determinar la extensión e impacto de las actividades del proyecto sobre el paisaje sonoro y la distribución de especies de aves y anfibios.

Otras metodologías, tales como el uso de cámaras trampa y trampas de lodo podrían ser implementadas para obtener una mejor representación de la comunidad de mamíferos terrestres presentes en la zona.

Estado de los gradientes.

Los resultados indican que el gradiente T2 presenta una fuerte alteración producto del avance de la frontera agrícola proveniente de las comunidades que rodean el proyecto, esta alteración impidió la ejecución del muestreo en dos transectos como muestran las imágenes satelitales que acompañan el informe. Por otra parte, esta alteración de la cobertura vegetal se refleja en el ensamble de las especies de anfibios y aves de los gradientes de este transecto, favoreciendo la ocurrencia de especies de áreas abiertas y tolerantes al cambio de uso de suelo.

El gradiente T3 presenta áreas disturbadas cerca del transecto ubicado a los 750 metros, la composición de especies de aves y anfibios parece responder a esta condición favoreciendo la ocurrencia de especies de áreas abiertas y tolerantes a alteraciones ecológicas o con baja vulnerabilidad ambiental.

El resto de los gradientes del T3 presentan una buena cobertura de bosques, lo que favorece a especies con una alta sensibilidad a disturbios ambientales o que requieren condiciones particulares de humedad y poca luz para existir.

El gradiente T4 presenta las mejores condiciones ecológicas, y no se evidencian cambios importantes desde su establecimiento. La presencia de especies de anfibios, reptiles y aves asociadas a zonas boscosa es consecuente con las condiciones observadas.

El gradiente T6 presenta un cambio notable sobre el gradiente ubicado a los 350 metros donde se han habilitado, después de levantada la línea base, zonas de trabajo y algunas viviendas. No obstante, esta afectación no es la única, puesto que se identificaron en campo varios trabajaderos ubicados en la periferia del gradiente. En general es posible que los resultados de diversidad biológica de algunos grupos se hayan visto afectados por la fragmentación del bosque y creación de zonas de borde.

El único de los gradientes que no presenta evidencias de alteraciones importantes es el T10.

La mayor diversidad biológica documentada fue para el grupo aves, seguido de anfibios. Es posible que debido a la constante precipitación, los reptiles y mamíferos hayan quedado submuestreados, sin embargo, se logró reportar especies de importancia para el proyecto como el jaguar y una especie de murciélago nueva para la zona.